



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

Fernanda dos Santos

**ARGUMENTAÇÃO EM UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO
INVESTIGATIVA ENVOLVENDO QUÍMICA FORENSE**

SÃO CRISTÓVÃO-SE

2020

FERNANDA DOS SANTOS

**ARGUMENTAÇÃO EM UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO
INVESTIGATIVA ENVOLVENDO QUÍMICA FORENSE**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Sergipe, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Prof.^a Dr^a. Adjane da Costa Tourinho e Silva

**São Cristóvão - SE
2020**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

Santos, Fernanda dos
S237a Argumentação em uma sequência de ensino investigativa
envolvendo química forense / Fernanda dos Santos; orientadora
Adjane da Costa Tourinho e Silva - São Cristóvão, 2020.
139 f.: il.

Dissertação (mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) –
Universidade Federal de Sergipe, 2020.

1. Ciência – Estudo e ensino (Ensino fundamental). 2. Química. 3.
Professores - Formação. 4. Argumentação. 5. Química legal. I.
Tourinho e Silva, Adjane da Costa orient. II. Título.

CDU 5:37



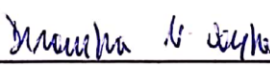
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA - PPGEICIMA



**ARGUMENTAÇÃO EM UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA
ENVOLVENDO QUÍMICA FORENSE**

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM
19 DE FEVEREIRO DE 2020


PROFA. DRA. ADJANE DA COSTA TOURINHO E SILVA


PROFA. DRA. DIVANIZIA DO NASCIMENTO SOUZA


PROFA. DRA. MICHELLE CAMARA PIZZATO

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus pela realização de mais um sonho em minha vida.

À minha família, por todo apoio e cuidado durante minha formação, especialmente, aos meus sobrinhos que nos trazem tantas alegrias. Não seria nada sem vocês!

À minha orientadora Adjane, por me acompanhar, orientar e ajudar, com toda paciência, compreensão, atenção e carinho.

Às professoras Divanízia e Michelle pelas valiosas contribuições a meu trabalho desde a etapa de qualificação.

À professora Alexandra Epoglou que gentilmente me acolheu no Estágio à Docência cedendo sua turma para a coleta de dados dessa pesquisa.

Mesaque e Zuleide por colaborarem na elaboração da sequência de ensino investigativa e na coleta de dados, não tenho palavras para expressar minha gratidão a vocês.

Aos amigos do PPGECIMA, especialmente a turma de 2018.1, quantos desafios superados, horas de estudos, risadas. São amizades que espero levar por toda a vida.

Aos meus anjinhos de quatro patas, companheiros de estudo nas madrugadas, vocês tornam os meus dias alegres e felizes.

A Rafael pela compreensão, paciência, companheirismo e conselhos. Por me incentivar a ser alguém melhor todos os dias.

À CAPES pelo apoio financeiro durante o mestrado.

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo analisar o desenvolvimento de uma sequência de ensino investigativa (SEI), estruturada em torno de um tema da Química Forense, verificando o espaço gerado para a argumentação e outras práticas epistêmicas, no contexto de formação inicial de professores. O foco analítico esteve na caracterização dos argumentos e práticas epistêmicas desenvolvidos pelos sujeitos da pesquisa, nas diferentes fases da SEI. A Química Forense pode ser considerada no planejamento de sequências de ensino que levam os alunos a argumentar, por se tratar de um tema que abriga em si um caráter de investigação. Além disso, tem o potencial de favorecer o trabalho com conceitos científicos aliados a debates em torno de aspectos sociais. Na elaboração da sequência didática, consideramos o fato de que as atividades investigativas vêm sendo objeto de estudo no Ensino de Ciências por propiciar meios para o surgimento de práticas epistêmicas, dentre elas a argumentação, além de auxiliar os estudantes na construção do conhecimento científico. Práticas epistêmicas podem ser definidas como atividades sociais envolvidas na produção, avaliação e comunicação do conhecimento (Kelly, 2005); portanto, examinar as práticas epistêmicas, na perspectiva da pesquisa, presume direcionar o olhar para o discurso dos alunos quando envolvidos em atividades investigativas. Os dados oriundos da aplicação da SEI, denominada “Contribuições da Química Forense na investigação de crimes com armas de fogo”, foram obtidos por meio de questionários e gravações em vídeo. O tratamento dos dados envolveu transcrições das informações obtidas por meio dos vídeos, fragmentando-as em episódios de interação, com o intuito de selecionarmos, para análise, aqueles que expressassem a evolução da qualidade dos argumentos dos alunos, bem como as práticas epistêmicas instauradas. Para análise da estrutura dos argumentos expressos durante as discussões e nos textos escritos, utilizamos, como ferramenta analítica, o Padrão de Argumento de Toulmin (TAP). Para análise das práticas epistêmicas, utilizamos um sistema de categorias proposto por Jiménez-Aleixandre *et al.* (2008), adaptadas e sintetizadas por Silva (2015). Os resultados alcançados evidenciaram a presença de elementos essenciais do padrão de argumento proposto por Toulmin (2006), tais como dados, conclusão e garantia de inferência, nos enunciados proferidos pelos alunos nas discussões, bem como em seus textos escritos. Quanto à análise das práticas epistêmicas, verificamos o predomínio de práticas inseridas na instância social de produção do conhecimento. Tais resultados direcionaram a nossa atenção para ajustes na estrutura da SEI, visando potencializar sua abertura para a argumentação e outras práticas epistêmicas.

Palavras-chave: Sequência de ensino investigativa; Argumentação; Práticas epistêmicas; Química Forense.

ABSTRACT

The present study aimed to analyze the development of an investigative teaching sequence (SEI), structured around a theme of Forensic Chemistry, verifying the space generated for argumentation and other epistemic practices, in the context of initial teacher training. The analytical focus was on the characterization of the epistemic arguments and practices developed by the research subjects, in the different phases of SEI. Forensic Chemistry can be considered in the planning of teaching sequences that lead students to argue, as it is a theme that has an investigative character. In addition, it has the potential to favour working with scientific concepts combined with debates around social aspects. In the elaboration of the didactic sequence, we consider the fact that investigative activities have been the object of study in Science Education because they provide means for the emergence of epistemic practices, including argumentation, in addition to assisting students in the construction of scientific knowledge. Epistemic practices can be defined as social activities involved in the production, evaluation and communication of knowledge (Kelly, 2005); therefore, examining epistemic practices, from the research perspective, presumes to direct the gaze to the students' discourse when involved in investigative activities. The data from the application of SEI, called "Contributions of Forensic Chemistry in the investigation of firearm crimes", were obtained through questionnaires and video recordings. The treatment of the data involved transcriptions of the information obtained through the videos, fragmenting them into episodes of interaction, in order to select, for analysis, those that expressed the evolution of the quality of the students' arguments, as well as the epistemic practices established. To analyze the structure of the arguments expressed during the discussions and in the written texts, we used, as an analytical tool, the Toulmin Argument Standard (TAP). For the analysis of epistemic practices, we used a system of categories proposed by Jiménez-Aleixandre (2008), adapted and synthesized by Silva (2015). The results achieved showed the presence of essential elements of the argument pattern proposed by Toulmin (2006), such as data, conclusion and guarantee of inference, in the statements made by the students in the discussions, as well as in their written texts. As for the analysis of epistemic practices, we verified the predominance of practices inserted in the social instance of knowledge production. These results directed our attention to adjustments in the structure of SEI, aiming to enhance its openness to argumentation and other epistemic practices.

Keywords: Investigative teaching sequence; argumentation; epistemic practices; Forensic chemistry.

LISTA DE SIGLAS ABREVIATURAS

SEI – Sequência de Ensino Investigativa.

AC – Alfabetização Científica.

TAP – Toulmin's Argument Pattern.

AI- Atividade Investigativa.

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

UFS – Universidade Federal de Sergipe.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fases e subfases do ciclo investigativo.

Figura 2 – Esquema do padrão de argumento de Toulmin.

Figura 3 – Aplicabilidade da estrutura de argumento proposto por Toulmin.

Figura 4 – Aplicabilidade da estrutura completa de argumento proposto por Toulmin.

Figura 5 – Esquema dos elementos presentes no argumento do aluno A3.

Figura 6 – Esquema dos elementos presentes no argumento do aluno A6.

Figura 7 – Construção conjunta de argumentos pelos alunos A5, A7, A8, A9, A10.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Práticas epistêmicas em relação com o conhecimento, discutidas por Silva (2015), tendo por base os estudos de Jiménez- Aleixandre (2008).

Quadro 2 – Sistemas de categorias dos “movimentos epistêmicos” e definição de acordo com Silva (2015).

Quadro 3 – Etapas propostas por Carvalho (2013) para elaboração de uma SEI.

Quadro 4 – Fases e subfases do ciclo investigativo.

Quadro 5 – Experimentação investigativa trabalhada na SEI.

Quadro 6 – Atividade Investigativa – Identificação de vestígios de disparo a partir de Exame Residuográfico.

Quadro 7 – Estrutura Geral da SEI.

Quadro 8 – Questões sobre o vídeo.

Quadro 9 – Transcrição de um trecho da aula referente ao levantamento das concepções prévias dos alunos.

Quadro 10 – Respostas escritas dos estudantes a Questão 1 da SEI.

Quadro 11 – Análise dos argumentos escritos.

Quadro 12 – Discussão da professora com um dos grupos durante a atividade investigativa.

Quadro 13 – Questionamentos após atividade investigativa.

Quadro 14 – História fictícia de assassinato por disparo de arma de fogo.

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1 – A Sequência de Ensino Investigativa.

APÊNDICE 2 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

APÊNDICE 3 – A Sequência de Ensino Investigativa Reformulada.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO I: ARGUMENTAÇÃO E ENSINO DE CIÊNCIAS	20
1.1. Pesquisas sobre Argumentação no Ensino de Ciências	20
1.2. Argumentação como uma Prática Epistêmica	24
1.3. Sequências de Ensino Investigativa e Argumentação	29
1.4. A Química Forense como Estratégia de Ensino voltada a argumentação.....	37
CAPÍTULO II: O MODELO DE TOULMIN	41
2.1. Histórico do Modelo de Argumento proposto por Toulmin	41
2.2. O Padrão de Argumento de Toulmin	44
2.3. Pesquisas em Ensino de Ciências que fizeram uso do TAP	48
CAPÍTULO III: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	53
3.1. Questão e Objetivos da Pesquisa	53
3.2. Marco metodológico	53
3.3. A Sequência de Ensino Investigativa	56
3.4. A Aplicação da SEI	57
3.5. Procedimentos para análise dos dados	63
CAPÍTULO IV: RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
4.1. Conhecendo as concepções prévias	65
4.2. O trabalho com a atividade investigativa e análise das práticas epistêmicas....	77
4.3. Quanto à análise da Sequência de Ensino Investigativa	88
CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
REFERÊNCIAS.....	99
APÊNDICES.....	107
APÊNDICE 1.....	107
APÊNDICE 2.....	119
APÊNDICE 3	121

INTRODUÇÃO

Estratégias de ensino com foco na promoção de situações argumentativas em salas de aula de ciências têm sido apontadas como vantajosas por pesquisadores, por promoverem o desenvolvimento de competências comunicativas, auxiliando na aprendizagem conceitual dos estudantes, além de propiciar um conhecimento sobre a natureza da ciência, sobretudo quando associadas a atividades investigativas.

De acordo com Van Eemeren *et al.* (1996) a argumentação pode ser compreendida como uma atividade social, sendo sua natureza evidenciada durante a discussão entre indivíduos. Sua finalidade é aumentar ou diminuir a aceitação de um ponto de vista por meio de justificativas, visando ao convencimento dos sujeitos envolvidos no processo.

Tendo por base os estudos de Van Eemeren *et al.* (1996), Jiménez-Aleixandre *et al.* (2000) salientam que a argumentação pode ser pensada em três diferentes formas: analítica, dialética e retórica. Argumentos analíticos baseiam-se na teoria da lógica, partindo indutivamente ou dedutivamente de um conjunto de premissas até chegar a uma conclusão. Os argumentos dialéticos, por sua vez, são os que ocorrem durante discussões ou debates, envolvendo raciocínios com premissas não evidentemente verdadeiras, sendo esses pertencentes ao domínio da lógica informal. Já os argumentos retóricos são de natureza oratória, representado por técnicas discursivas empregadas para persuadir uma audiência.

Duschl (2008) considera que, na Ciência, ao longo do processo de elaboração e justificação de teorias, todas as três formas de argumentos são utilizadas, embora a analítica e a dialética, devido ao foco nas evidências, sejam mais requeridas e mais representativas para a alta qualidade da argumentação científica. Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008) consideram que, dos variantes significados da argumentação no contexto do Ensino de Ciências, dois deles são relevantes: a argumentação como justificação do conhecimento e a argumentação como persuasão.

Precisamos compreender que a argumentação em qualquer sentido, tanto como persuasão, quanto como justificação do conhecimento (baseada em evidências empíricas ou teóricas), é parte integrante da ciência e deve ser considerada no ensino. O discurso desempenha papel importante na construção do

conhecimento científico e traz consequências para a educação (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2008).

Com base no exposto, percebe-se que projetar ambientes de aprendizagem em ciências com intuito de facilitar ou promover a argumentação pode ser visto como um problema complexo, já que, o discurso científico envolve distintas formas de argumentação em diferentes contextos (JIMÉNEZ- ALEIXANDRE; RODRÍGUEZ; DUSHL, 2000).

Para Driver, Newton e Osborne (2000), no momento em que ocorreu uma distinção entre o estudo da lógica, como regras elaboradas para produzir inferências a partir de premissas dadas, e o estudo de como as pessoas, em determinadas situações, raciocinam das premissas para as conclusões, houve um avanço nas pesquisas sobre argumentação. Enquanto a lógica passou a ser vista como disciplina acadêmica, argumentar passou a ser definido como uma prática humana, posicionada em contextos sociais específicos. Nessa perspectiva, um novo viés analítico se instaurou a fim de se obter entendimento sobre a argumentação em diferentes ambientes.

Trazendo essa discussão para o ensino, os autores citados destacam a necessidade de dar oportunidades aos estudantes para que eles aprendam sobre os conceitos, epistemologia, práticas e métodos científicos. A ciência envolve um processo de construção social do conhecimento, em que princípios, modelos e teorias são entendidos como representações de mundo acordadas por dada comunidade científica, por meio de um movimento argumentativo. Possibilitar aos alunos o contato com essas “formas de ver” dos cientistas é muito mais que dar acesso aos significados construídos em torno dos fenômenos de interesse da ciência, é socializá-los de modo que sejam adotadas as ferramentas conceituais de cultura científica pelos indivíduos (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000).

A argumentação, no Ensino de Ciências, permite o envolvimento dos estudantes na avaliação crítica de reivindicações ao conhecimento (OSBORNE; PATTERSON, 2011), evidenciando a dimensão discursiva da ciência. É importante que haja uma compreensão de que o argumento é um mecanismo de controle de qualidade nas comunidades científicas; portanto, compreendê-lo como usado na ciência, deve ser o foco da educação científica (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000).

Jiménez-Aleixandre e Erduran (2007) destacam que a argumentação é parte integrante da ciência e, como tal, é necessário que seja apropriada pelos alunos e incorporada à educação científica por meio de estratégias adequadas de ensino. Os autores discutem algumas contribuições da inserção da argumentação no Ensino de Ciências, dentre elas: o desenvolvimento de competências comunicativas, especialmente, do pensamento crítico; a capacitação para falar e escrever a linguagem científica e o desenvolvimento de critérios epistêmicos para avaliação do conhecimento.

Van Manen (1990) destaca quatro pontos que justificam a importância do desenvolvimento da argumentação em sala de aula.

I. Os estudantes podem vivenciar as práticas e os discursos da ciência real, aprendendo sobre a ciência.

II. A construção de argumentos possibilita tornar o pensamento dos alunos mais visível, representando uma ferramenta de avaliação e auto avaliação.

III. A argumentação auxilia os discentes a desenvolver diferentes formas de pensar, bem como promove uma participação mais ativa dos alunos e uma interação maior no contexto da sala de aula.

IV. Por meio da argumentação aprendizes de ciências podem se tornar produtores do conhecimento acerca do mundo natural e não apenas consumidores.

Capecchi (2004) ressalta que, quando nos referimos à argumentação no Ensino de Ciências, estamos interessados nas intervenções dos alunos durante a construção de explicações coletivas para determinados fenômenos. Nesse sentido, Teixeira (2009) afirma que o interesse em estimular o discurso argumentativo em sala de aula está no fato de reconhecer que argumentar é uma atividade social e que a interação de ideias conflitantes favorece a construção de conhecimento. As contribuições da argumentação no Ensino de Ciências, todavia, vai além da aprendizagem de conceitos, constituindo-se em uma aprendizagem epistêmica.

É importante buscarmos caminhos viáveis que levem os estudantes a construir concepções adequadas sobre a natureza da ciência. Compreendida como uma estratégia de raciocínio, a elaboração de argumentos envolve a articulação entre dados, crenças, evidências e saberes anteriores, os quais servem de base na construção dos novos conhecimentos (SASSERON; CARVALHO, 2011). Pode-se perceber a importância da argumentação como ferramenta promotora da

aprendizagem, auxiliando na construção de um pensamento crítico e, conseqüentemente, contribuindo para uma formação cidadã.

Sá e Queiroz (2010), ao defender a importância de inserir a argumentação no Ensino de Ciências, especificamente no Brasil, enfatizam a necessidade de ensinar aos estudantes a arte de argumentar e buscar desenvolver estratégias de ensino que propiciem tal habilidade. Nesse sentido, consideram viável a apresentação explícita de componentes do argumento aos alunos, de acordo com a ferramenta utilizada para análise.

Nas aulas de ciências, a argumentação proporciona meios para que os estudantes participem ativamente na construção de conhecimento e, aliada ao ensino por investigação, pode permitir um entendimento do que vem a ser e como se desenvolve a ciência, proporcionando aos alunos a compreensão da natureza discursiva dessa esfera do conhecimento e dos fatores que interferem diretamente em sua prática, pois é inegável a presença das práticas argumentativas na produção científica.

A argumentação surge ao longo das interações dialógicas que podem ser possibilitadas por meio dos trabalhos de investigação realizados em sala de aula, em que os alunos expõem suas ideias, suas hipóteses para resolver um dado problema e chegam a determinadas conclusões para explicar os resultados. Todas essas ações desenvolvidas pelos alunos podem ser compreendidas como práticas epistêmicas envolvidas na produção do conhecimento.

Nessa perspectiva, as atividades investigativas vêm sendo objeto de estudo no Ensino de Ciências por propiciar meios para o surgimento de práticas epistêmicas, dentre elas a argumentação, além de auxiliar os estudantes na construção do conhecimento científico. Práticas epistêmicas referem-se a atividades sociais envolvidas na produção, avaliação e comunicação do conhecimento (KELLY, 2005). No âmbito da pesquisa, examinar as práticas epistêmicas presume direcionar o olhar para o discurso dos alunos quando envolvidos em atividades de investigação durante as aulas.

Vale ressaltar que o trabalho com atividades investigativas possui potencial para auxiliar os estudantes no processo de Alfabetização Científica (AC), já que possibilita aos discentes a participação no processo de construção do conhecimento que se mantém sustentado por meio das interações discursivas fomentadas em sala de aula.

A Alfabetização Científica (AC) pode ser vista como a capacidade construída para análise e avaliação de situações de natureza científica ou sócio científica que demandem a tomada de decisões e posicionamento, sendo esta vista como um processo contínuo, sempre em construção (SASSERON, 2015). Para Ferraz (2015), a Alfabetização Científica é um dos objetivos do Ensino de Ciências e para alcançá-lo é necessário investir em planejamento e implementação de abordagens de ensino condizentes e apropriadas. O autor ainda destaca que a compreensão da natureza da ciência é um componente essencial para que se atinja a Alfabetização Científica.

Apesar do aumento do número de pesquisas que defendem a importância do diálogo na construção do conhecimento científico, pode-se notar que existe ainda um vasto campo a percorrer no que se refere à compreensão sobre como gerar espaço para instaurar a argumentação em sala de aula, de modo a contribuir para a elaboração das concepções científicas e percepção de aspectos fundamentais acerca da natureza da ciência pelos alunos; portanto, torna-se relevante investir nesta direção.

É importante ressaltar que o professor tem papel fundamental como mediador desse processo, pois é ele quem propõe elementos que geram discussão, acompanha a fala dos alunos, devendo estar apto para lidar e gerenciar imprevistos que possam aparecer. Todas essas ações desempenhadas pelo professor ao conduzir atividades investigativas foram denominadas por Silva (2015) como movimentos epistêmicos.

O professor deve tornar-se um questionador, alguém que argumente e estimule os alunos a argumentar, saiba conduzir perguntas, propor desafios; deve comportar-se como orientador de todo o processo (AZEVEDO, 2004). Para Ibraim e Justi (2017), o Ensino de Ciências por meio da argumentação exige uma ressignificação tanto dos objetivos do ensino quanto ao papel do professor, sendo o docente visto como responsável pelo desenvolvimento de práticas argumentativas durante as aulas.

Portanto, é inegável a importância de propostas de ensino que favoreçam o diálogo nas aulas de ciências. As atividades investigativas surgem com tal finalidade, preocupada com a aprendizagem dos alunos, já que busca a inserção do indivíduo na cultura científica e o desenvolvimento de habilidades próximas ao “fazer científico” (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015). O professor precisa estar preparado

para desenvolver esse tipo de prática, compreender que se trata de uma estratégia de ensino de grande relevância e buscar incorporá-la durante as aulas.

Diante do exposto, esta pesquisa envolve a elaboração e aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre Química Forense a estudantes do curso de Licenciatura em Química da UFS, de modo a gerar uma discussão sobre formas de proporcionar aos discentes o desenvolvimento de práticas epistêmicas, valorizando a argumentação. A SEI é uma proposta didática que tem por finalidade desenvolver determinado tema científico ou sócio científico por meio de uma sequência de atividades investigativas (CARVALHO, 2017).

A Química Forense foi escolhida por se tratar de um tema instigante, pois abriga em si mesma o caráter de investigação. Além disso, proporciona o trabalho com conceitos científicos aliados a debates em torno de aspectos sociais, ambientais, econômicos, dentre outros, que auxiliam no desenvolvimento da argumentação e da capacidade crítica dos estudantes.

Considerando a importância de se trabalhar desde a formação inicial do professor de Química formas desses futuros docentes se apropriarem de uma concepção adequada sobre a natureza da ciência e a necessidade de se trabalhar a argumentação nas aulas de ciências como ferramenta primordial na disseminação do conhecimento, buscamos, nesta pesquisa, responder a seguinte questão: “Qual o potencial de uma sequência de ensino investigativa (SEI) planejada em torno de um tema da Química Forense para promover o desenvolvimento da argumentação e outras práticas epistêmicas no contexto de formação inicial dos professores ? ”

É interessante destacar que os trabalhos que se propõem a analisar as práticas argumentativas instauradas em sala de aula, em particular no Ensino de Ciências com base na investigação, fazem uso do modelo de Toulmin (TAP) para análise dos argumentos produzidos. A proposta de raciocínio argumentativo de Toulmin (2006), surgiu inspirada na prática do campo Jurídico, tendo por base a construção de um argumento lógico que pode ser aplicado em qualquer campo do saber racional. Trata-se de padrão de referência para estudar estrutura e qualidade dos argumentos produzidos em aulas de ciências (JÍMENEZ-ALEIXANDRE; RODRÍGUEZ; DUSCHL, 2000).

Tendo em vista tal questão, a pesquisa que desenvolvemos é discutida neste texto em 4 capítulos, além desta introdução e das considerações finais. No primeiro,

tratamos da argumentação e atividades investigativas, considerando ainda, o tema da SEI de nossa pesquisa – A Química Forense.

Neste sentido, traçamos um panorama de pesquisas sobre a argumentação no Ensino de Ciências; discutimos sobre a argumentação enquanto prática epistêmica e sobre a importância do ensino por investigação para proporcionar aos alunos a compreensão acerca da natureza discursiva da ciência e dos fatores que interferem diretamente em sua prática. Posteriormente, justificamos o porquê da escolha do tema relacionado a Química Forense na elaboração da sequência de ensino utilizada nesse estudo.

No segundo capítulo, discutimos sobre o Padrão de Toulmin (2006), abordando a sua estrutura e trazendo uma revisão bibliográfica das pesquisas em Ensino de Ciências que fizeram uso dessa ferramenta. Seguimos, depois, para o terceiro capítulo, apresentando o contexto da investigação, além de detalharmos todos os procedimentos metodológicos adotados durante a pesquisa.

No quarto capítulo discutimos os resultados obtidos em nossas investigações, e apresentamos as limitações encontradas durante o desenvolvimento desse estudo. Por fim, nas considerações finais, respondemos à questão central dessa pesquisa e apontamos para a possibilidade de pesquisas futuras a partir dos resultados obtidos, tendo em vista nossas análises e interpretações.

CAPÍTULO I - ARGUMENTAÇÃO E ENSINO DE CIÊNCIAS

Nesse capítulo, propomos uma reflexão sobre a importância de se buscar fomentar práticas argumentativas em salas de aula de ciências, considerando pesquisas desenvolvidas neste campo. Falamos também sobre as práticas epistêmicas e sua importância para o ensino, inserindo, nessa discussão, a argumentação enquanto prática epistêmica. Tendo em vista a relação entre a argumentação e as atividades investigativas, buscamos explicitar a importância do Ensino de Ciências com base na investigação e o papel das sequências de ensino investigativas, as quais presumem a participação ativa do aprendiz na construção do conhecimento científico. Posteriormente, mostramos o porquê da escolha do tema Química Forense na elaboração de uma sequência de ensino investigativa para o ensino de Química.

1.1 - Pesquisas sobre a argumentação no Ensino de Ciências

Nos últimos anos, temos observado um crescimento no número de pesquisas que enfatizam a importância de trabalhar o argumento no contexto educacional. Essas pesquisas buscam descrever as formas de inserção do processo argumentativo nas aulas de ciências (FATARELLI *et al.*, 2014; SASSERON, 2012; SASSERON; DUSCHL, 2016), além de procurar mostrar a importância desse processo na construção do conhecimento científico e percepção acerca da natureza da ciência (SCARPA, 2016).

Torna-se clara a necessidade de instaurar o discurso argumentativo nas diferentes esferas de ensino, especialmente no Ensino de Química. Para isso, é necessário planejar situações e criar espaços para que se favoreça a instauração dessa prática em sala de aula.

A constituição deste espaço de interações discursivas contribui para que as interações entre alunos e professor e o conhecimento sobre as ciências sejam debatidos. Isso fica claro não apenas pela intensa participação dos alunos nestas aulas, mas também pelo modo que são estimulados a expor suas ideias, avaliá-las e considerar novos elementos em sua proposição (SASSERON; DUSCHL, 2016, p.66).

Jiménez-Aleixandre e Brocos (2015) enfatizam as contribuições da pesquisa em torno da argumentação, mas ressaltam que ainda temos muito a aprender sobre esse desafio didático, principalmente em como promover essa prática durante as aulas. Muitas pesquisas que procuram relacionar a argumentação com o Ensino de Ciências têm como foco as atividades investigativas.

Esses estudos descrevem algumas estratégias de ensino como forma de promover a argumentação, considerando o papel do professor durante as atividades, e avaliam a qualidade dos argumentos produzidos pelos estudantes. O ensino por meio da argumentação busca levar o indivíduo a compreender conceitos científicos e a se posicionar diante de uma situação problema que, muitas vezes exigem à tomada de decisão.

Teixeira (2009) destaca que existe uma necessidade de estimular e incorporar o discurso argumentativo em sala de aula, tanto como uma prática no processo de interlocução, quanto como uma habilidade que deve ser aprendida pelos alunos. É no argumento que se mostra a estrutura do pensamento e, desta forma, os alunos podem se tornar conscientes de suas próprias ideias. Para que haja a inserção da argumentação no Ensino de Ciências, todavia, é necessário que o professor promova interações discursivas em sala de aula de forma que ajude os alunos a pensar, falar, ler e escrever ciências.

Brito e Sá (2010) desenvolveram uma pesquisa de natureza interventiva, estimulando a argumentação de alunos do ensino médio a respeito de questões sociocientíficas relacionadas ao tema “biocombustíveis”. Os autores utilizaram o método de estudo de casos, que consiste no emprego de narrativas, no qual os alunos são incentivados a familiarizar-se com os personagens ou circunstâncias do caso, de modo a compreender os fatos e buscar possíveis soluções para os problemas envolvidos. Para a análise dos argumentos produzidos, empregaram o modelo de Toulmin (1958). Para os autores, a adoção de estratégias de ensino eficientes, como o estudo de casos, consegue fomentar as habilidades argumentativas dos alunos e favorecer a aprendizagem de conteúdo científico.

Conforme Orofino e Trivelato (2015), a argumentação no Ensino de Ciências vem sendo investigada por meio de pesquisas que abordam diferentes estratégias didáticas e tipos de atividades em sala de aula. Os pesquisadores desenvolveram uma análise da argumentação de alunos do 3º ano do ensino médio em uma atividade escrita individual realizada como parte de uma sequência didática de

genética. Para avaliar os argumentos, foi utilizada uma adaptação do Padrão Argumentativo de Toulmin. Os resultados indicaram que é possível trabalhar questões argumentativas em sala de aula em atividades com respostas esperadas para as perguntas.

Silva *et al.* (2016) analisaram o desenvolvimento de um debate escolar realizado por estudantes da 3ª série do ensino médio acerca de temáticas científicas, a partir da leitura de textos de divulgação científica. A análise realizada mostrou indícios de variedades de argumentos elaborados pelos estudantes ao defenderem suas ideias, as contribuições dessa estratégia didática ao desenvolvimento de certos aspectos cognitivos e da necessidade de se trabalhar nas escolas a apropriação desse gênero discursivo.

Silva e Silva (2016) relataram uma experiência para que alunos de um curso técnico de uma instituição federal de ensino desenvolvessem a habilidade de argumentação. Para isso, foi elaborada uma atividade abordando os elementos de um argumento e os critérios científicos da descoberta do DNA por meio de um roteiro orientador e texto histórico. Para avaliar os argumentos produzidos nos textos escritos pelos estudantes, foi utilizado o Padrão de Argumento de Toulmin. Os resultados evidenciaram a importância da implementação contínua de atividades que priorizem o desenvolvimento da argumentação em sala de aula.

Vieira e Nascimento (2009) realizaram um levantamento bibliográfico referente às pesquisas sobre argumentação em salas de aulas de ciências, com o objetivo de problematizar a questão dos critérios para a identificação de situações argumentativas nesses contextos. Em relação a importância de situações argumentativas no ensino, os autores salientam que:

[...], é bastante compartilhado no meio acadêmico que a participação de alunos em situações argumentativas de sala de aula se relaciona com os seguintes aspectos considerados positivos para a aprendizagem, dentre outros: 1) explicitações de diferentes pontos de vista; 2) crítica mútua de posicionamentos; 3) tomadas de consciência dos alunos sobre suas próprias ideias e suas lacunas e inconsistências; 4) tensões e negociações entre os domínios de conhecimento cotidiano e de conhecimento científico; 5) explicitação, construção e reconstrução do pensamento dos alunos (VIEIRA ; NASCIMENTO, 2009, p.83).

Por meio de uma revisão dos estudos teóricos do campo, Vieira e Nascimento (2009), propuseram dois critérios marcadores para identificar situações argumentativas: contraposição de ideias e justificações recíprocas. Em seguida,

apresentam uma discussão de como esses marcadores contemplam determinadas características das situações argumentativas. Os autores ainda sugerem que esses marcadores podem ser utilizados em pesquisas futuras sobre a argumentação no Ensino de Ciências.

Altarugio *et al.* (2010), em seu trabalho, discutiram as experiências de cinco professores de Química e um de Biologia, que utilizaram a estratégia do debate em suas aulas como uma das atividades sugeridas em um curso de formação continuada. Os autores destacam que o debate pode trazer diversas contribuições para o Ensino de Química e de Ciências, cujo objetivo seja a formação de cidadãos críticos e atuantes na sociedade, bem como auxilia os alunos a desenvolverem a habilidade da argumentação.

O debate, como estratégia, provê um ambiente propício para que os alunos aprendam a argumentar, isto é, que se tornem capazes de reconhecer as afirmações contraditórias e aquelas que dão suporte às afirmações. Da mesma forma, é importante que os alunos percebam que as ideias, quando debatidas coletivamente, podem ser reformuladas por meio da contribuição dos colegas. O movimento da troca de ideias e da construção de conhecimentos é reforçado durante um debate e, desse modo, os alunos têm a chance de compreender melhor o caráter coletivo e dinâmico do trabalho científico (ALTARUGIO; DINIZ; LOCATELLI, 2009, p.28).

A promoção do debate durante as aulas, além de contribuir para a formação de um cidadão crítico, auxilia na construção de argumentos consistentes e, conseqüentemente, no desenvolvimento de habilidades argumentativas dos estudantes, porém é necessário planejá-lo considerando desde as estratégias de escolha e sensibilização do tema até a forma de avaliação dos alunos.

Sá e Queiroz (2007) aplicaram uma proposta de ensino pautada no método de Estudo de Casos a uma turma de graduação de um curso de Química bacharelado, com o objetivo de estimular a elaboração de argumentos por parte dos estudantes e avaliar a qualidade dos argumentos produzidos na resolução dos casos. A pesquisa enfatiza a necessidade de ensinar a arte de argumentar aos alunos, mostrando os componentes de argumentos e desenvolvendo estratégias de ensino que levem à produção de bons argumentos.

Sá *et al.* (2014), relatam que o estudo sobre argumentação nas pesquisas em Ensino de Ciências é recente, existindo vários aspectos que precisam ser explorados, dentre eles a qualidade da argumentação. Os autores utilizaram o esquema de argumento de Toulmin para investigar a potencialidade da estrutura de

um “ bom argumento” desenvolvido por alunos de graduação em Química, de uma universidade pública. Os estudantes foram incumbidos de solucionar casos de caráter sócio científicos e apresentar oralmente a resolução dos casos. Os resultados da pesquisa apontaram que esse tipo de intervenção didática fornece subsídios para o desenvolvimento de habilidades argumentativas pelos estudantes.

Ferraz e Sasseron (2017), considerando o interesse nas pesquisas sobre argumentação, traçaram um panorama das ações tomadas por um professor para possibilitar a instauração e mediação da produção de argumentos por estudantes em sala de aula, durante a aplicação de uma SEI sobre o tema dualidade onda-partícula da luz. Os autores concluem que a produção de argumentos pelos estudantes pode depender da forma como a problematização de um objeto a ser estudado é feita pelo professor. Dessa forma, fica claro que a construção de entendimento por parte dos alunos, requer do professor o desempenho de ações que gerem contribuições de diferentes naturezas para a construção e ampliação de argumentos pelos alunos.

Mediante o exposto, observamos um avanço das pesquisas voltadas para o desenvolvimento da argumentação em salas de aula. Entretanto, é notório a importância de implementar propostas de ensino que busquem favorecer as práticas argumentativas nas aulas de ciências, visto que o discurso argumentativo, além de fazer parte da cultura científica, deve ser visto como uma habilidade a ser desenvolvida pelos alunos, auxiliando na formação geral dos estudantes e possibilitando o contato com ferramentas da ciência.

1.2 - Argumentação como uma prática epistêmica

O interesse pelas pesquisas que discutem aspectos epistêmicos no Ensino de Ciências mostra a necessidade de possibilitar ao aluno uma compreensão acerca da natureza da ciência. A visão da ciência como uma prática situada socialmente, em que cientistas elaboram e negociam valores para aquilo que se considera como boas questões, métodos e respostas adequadas, permeia o desenvolvimento de práticas epistêmicas (SILVA, 2008).

As pesquisas que discutem sobre aspectos epistemológicos no Ensino de Ciências têm como objetivo mostrar como os alunos se apropriam de aspectos inerentes à produção e legitimação de conhecimentos ao longo de atividades

investigativas, já que a aprendizagem em ciências envolve uma aprendizagem epistêmica. Nesse sentido, Silva (2015) enfatiza a necessidade de um Ensino de Ciências voltado à promoção de uma adequada percepção das dimensões discursiva e argumentativa da ciência, como também da natureza dos saberes científicos, por parte dos estudantes.

Dessa forma, estabelece-se uma linha de pesquisa que busca verificar como aspectos fundamentais do discurso científico são incorporados e expressos pelos alunos quando estes desenvolvem atividades investigativas, geralmente em torno de problemas autênticos. As atenções recaem no processo de construção e justificação dos saberes *in situ*, em que os alunos produzem e validam, por meio de um movimento argumentativo, os saberes em suas investigações escolares (SILVA, 2015, p.72).

Kelly e Duschl (2002), ao examinar práticas situadas em determinadas comunidades científicas particulares, e as formas como questões relativas à criação, transmissão, justificação e avaliação do conhecimento eram atenciosamente investigadas por meio de processos sociais, chegaram a uma definição de práticas epistêmicas. Kelly (2005) apresenta uma discussão fundada na ideia da epistemologia como o estudo do conhecimento. Quando aplicada à ciência, a epistemologia preocupa-se com questões que envolvem a natureza das evidências, o critério para a escolha de teorias, dentre outros.

Ainda de acordo com Kelly (2005), uma comunidade justificaria o conhecimento por meio de práticas sociais, sendo essas práticas constituídas por conjuntos padronizados de ações, realizados por membros de um grupo com propósitos comuns, valores, ferramentas e significados culturais compartilhados. Quando tais padrões dizem respeito ao conhecimento, são denominados como práticas epistêmicas. Para chegar a essa conclusão, buscou-se compreender o que conta como conhecimento para uma comunidade particular, considerando uma mudança na percepção de um sujeito epistêmico, que passa de conhecedor individual para o de um grupo social relevante (KELLY; LICONA, 2018).

Assim, ao situar o sujeito epistêmico em um grupo social relevante de conhecedores, Kelly e Licona (2018) sugerem uma visão de aprendizagem condizente com a socialização do modo de ser, conhecer, interagir e participar. A aprendizagem ocorre, portanto, por meio do engajamento e participação em práticas

epistêmicas pelos alunos. Em se tratando do ensino, o professor é responsável em promover o envolvimento destes em tais práticas por meio de atividades de construção do conhecimento.

Práticas epistêmicas podem ser, portanto, definidas como atividades sociais envolvidas na produção, avaliação e comunicação do conhecimento, podendo ser estudadas em situação de investigação durante as aulas (KELLY, 2005). Para que isso ocorra, é necessário investigar o discurso dos alunos quando envolvidos numa atividade investigativa.

Considerando os estudos de Kelly (2005), que discutem as práticas epistêmicas como atividades sociais relacionadas a construção do conhecimento, Jiménez-Aleixandre *et al.* (2008) apresentaram um conjunto de categorias para análise de tais práticas em sala de aula. As categorias propostas pelos autores serviram como base para trabalhos posteriores como os de Araújo (2008), Nascimento (2015), Almeida (2016), dentre outros.

Silva (2015) realizou uma síntese das categorias de práticas epistêmicas propostas por Jiménez- Aleixandre (2008), com o intuito de investigar as ações desenvolvidas por um grupo de alunos, ao longo de duas diferentes atividades investigativa, uma sobre “ Densidade e Flutuação de objetos” e a outra em torno do tema “reações químicas”, conforme apresenta o Quadro 1 a seguir.

Quadro 1: Práticas epistêmicas em relação com o conhecimento, discutidas por Silva (2015), tendo por base os estudos de Jiménez- Aleixandre (2008).

Instâncias sociais	Práticas epistêmicas gerais	Práticas epistêmicas (específicas)
Produção	Articular os próprios saberes;	Monitorando o progresso; Executando estratégias orientadas por planos ou objetivos; Utilizando conceitos para planejar e realizar ações (por exemplo, no laboratório); Articulando conhecimento técnico na execução de ações (por exemplo, no laboratório); Construindo significados.
	Dar sentido aos padrões de dados.	Considerando diferentes fontes de dados; Construindo dados.
Comunicação	Interpretar e construir as representações;	Relacionando / traduzindo diferentes linguagens: observacional, representacional e teórica; Transformando dados.
	Produzir relações;	Seguindo o processo: questões, plano,

		evidências e conclusões.
	Persuadir os outros membros da comunidade.	Apresentando suas próprias ideias e enfatizando os aspectos cruciais; Negociando explicações.
Avaliação	Coordenar teoria e evidência (argumentação);	Distinguindo conclusões de evidências; Utilizando dados para avaliação de teorias; utilizando conceitos para interpretar dados; Contemplando os mesmos dados de diferentes pontos de vista; Recorrendo a consistência com outros conhecimentos.
	Contrastar as conclusões (próprias ou alheias) com as evidências (avaliar a plausibilidade) -argumentação.	Justificando as próprias conclusões; Criticando declarações de outros; Usando conceitos para configurar anomalias.

Fonte: SILVA, 2015, p.75.

A primeira coluna, refere-se às instâncias sociais de produção, comunicação e avaliação do conhecimento, a segunda coluna, apresenta as práticas epistêmicas gerais, que se relacionam com as instâncias sociais propostas na primeira coluna. Por fim, a terceira coluna refere-se as práticas específicas que podem ser identificadas no discurso dos alunos, durante atividades investigativas, sendo estas associadas a práticas mais gerais.

Torna-se nítida a variedade de práticas epistêmicas, que variam conforme os objetivos pedagógicos relevantes. As práticas epistêmicas colocadas em primeiro plano, por exemplo, para um ensino com ênfase na investigação, centrar-se-iam na construção, comunicação, avaliação e legitimação de uma explicação científica, exigindo um engajamento dos estudantes durante todo o processo (KELLY; LICONA, 2018).

Nesse ponto, fica clara a importância de o professor fazer uso de diferentes estratégias didáticas visando fornecer oportunidades aos alunos para que eles desenvolvam práticas científicas, tais como: observar, raciocinar, explicar ou fornecer evidências numa discussão. A aprendizagem pode ser favorecida por meio da participação ativa dos estudantes num processo de investigação científica (KELLY; LICONA, 2018).

A argumentação é particularmente importante para o ensino com base na investigação, o qual enfatiza o uso de evidências e explicações. A aprendizagem por meio da investigação, além de buscar envolver os alunos em práticas científicas faz uso da linguagem. Processos como elaborar inferências, colocar questões, fornecer explicações, alcançar conclusões e comunicar resultados são interacionalmente

realizados por meio do discurso. O Ensino de Ciências com ênfase na argumentação implica aprender sobre as práticas discursivas das ciências (KELLY, 2014).

Para Araújo (2008), as pesquisas que buscam verificar como aspectos fundamentais do discurso científico são incorporadas pelos alunos, partem de atividades investigativas, já que as práticas epistêmicas surgem em função de um ensino que engaje os alunos em atividades que contemplem aspectos presentes nas investigações científicas reais. Tais atividades buscam criar ambientes de aprendizagem que favoreçam a construção do conhecimento científico.

Silva *et al.* (2010) afirmam que as atividades investigativas podem colaborar consideravelmente para que os alunos adquiram uma percepção acerca da natureza da ciência. Por intermédio dessas atividades, os alunos envolvem-se mais com os objetos reais da ciência, dando sentido a dados coletados e tratados em virtude das discussões geradas com os colegas e com o professor.

Assim, para que possamos compreender o desenvolvimento das práticas epistêmicas dos alunos no decorrer das atividades investigativas, é necessário estudar as ações do professor nesses momentos. Essas ações, pelas quais o professor orienta os estudantes sobre o que conta como conhecimento relevante e as apropriadas formas de adquiri-lo são denominados por Silva (2015) de movimentos epistêmicos considerando o trabalho de Lidar, Lundquist e Ostman (2005), como apresentado no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2: Sistema de categorias dos “movimentos epistêmicos” e definição de acordo com Silva (2015).

Movimentos Epistêmicos	Definição
1-Elaboração	“Corresponde às ações do professor que possibilitam aos alunos, em geral por meio de questionamentos, construir um olhar inicial sobre o fenômeno. São os questionamentos expressos nos roteiros de atividade ou mesmo proferidos oralmente pelo professor, os quais geram espaço para que os alunos reflitam segundo determinada perspectiva e exponham seus pontos de vista sobre os objetos e os eventos investigados (p.73) ”.
2- Reelaboração	“Corresponde às ações do professor que instigam os alunos, por questionamentos ou breves afirmações, a observarem aspectos desconsiderados ou a trazerem à tona novas ideias, favorecendo uma modificação ou uma problematização do pensamento inicial apresentado (p.74) ”.
3- Instrução	“Quando o professor apresenta explicitamente novas informações para os alunos (p.74) ”.
4-Confirmação	“Quando o professor concorda com as ideias apresentadas pelos alunos e/ou permite que eles executem determinados

	procedimentos planejados (p.74) ”.
5- Correção	“Quando o professor corrige explicitamente as afirmações e os procedimentos dos alunos (p.74) ”.
6-Síntese	“Quando o professor explicita as principais ideias alcançadas pelos alunos (p.74) ”.
7- Compreensão	“Quando o professor busca apenas compreender por meio de questionamentos determinados procedimentos e ideias apresentadas pelos alunos (p.74) ”.

Fonte: Silva, 2015.

Ao identificar esses movimentos e sua relação com as práticas epistêmicas, pode-se perceber como as ações do professor contribuem para o surgimento das práticas dos estudantes durante as investigações realizadas nas aulas. Assim, os movimentos epistêmicos favorecem a percepção de aspectos relacionados à natureza da ciência e do conhecimento científico (SILVA, 2015).

Nessa perspectiva, podemos afirmar que as ações desenvolvidas pelo professor em sala de aula são importantes para o fomento da argumentação. De acordo com Sasseron (2013) existem duas esferas de ação que contribuem para o surgimento de argumentos em sala de aula: os propósitos pedagógicos relacionados à criação de possibilidades para que os alunos possam realizar investigações, interagir discursivamente e divulgar suas ideias; e os propósitos epistemológicos sendo estes intrinsecamente ligados a construção de um argumento científico.

Ainda em relação ao papel do professor, este é visto como uma autoridade epistêmica e social, devendo cuidar para que a participação ativa dos alunos seja instaurada. É o professor responsável por propor um problema para investigação e o tornar mais complexo com base nas explicações apresentados por seus alunos, orientando-os de forma que possam aproximar suas compreensões e explicações aos conceitos científicos socialmente aceitos naquele momento, promovendo a discussão e o debate de hipóteses, e solicitando que as conclusões proferidas sejam ancoradas em outros conhecimentos previamente estabelecidos e conhecidos pelos alunos (FERRAZ; SASSERON, 2017).

1.3- Sequências de Ensino Investigativa e Argumentação

O ensino investigativo, além de representar um importante caminho para a promoção da Alfabetização Científica, busca desenvolver no indivíduo a compreensão de que o conhecimento científico não é algo neutro e imutável, além

de aproximá-lo de alguns aspectos relacionados à natureza da ciência (GERALDI, 2017).

Para Saca (2017), o ensino por investigação pode ser visto como uma abordagem didática que coloca o aluno como o ser central no processo de ensino-aprendizagem, favorecendo o domínio de conceitos e teorias, além de inseri-lo em práticas e formas de pensar da ciência. Saca (2017) ainda destaca que:

[...], mostra-se fundamental fazer com que o estudante tenha contato com as práticas usualmente empregadas no pensamento científico como, por exemplo, o trabalho com dados, o trabalho com hipóteses, a elaboração de explicações e generalizações, a divulgação de variáveis e a divulgação e defesa de ideias. Pretende-se que, a partir dessa vivência de experimentação, seja possível levar o estudante a compreender os processos de caráter social de produção, avaliação e divulgação do conhecimento, compreendendo ciência como um empreendimento social pelo qual ideias são colocadas à prova sob a luz de determinadas concepções teóricas (SACA, 2017, p.17).

Segundo Sasseron (2013), alfabetizar cientificamente os alunos significa fornecer condições para que eles possam tomar decisões conscientes frente a um problema pessoal ou social relacionado a conhecimentos científicos. Um dos eixos estruturantes da AC, de acordo com a autora, refere-se à “compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática”, aspectos esses que apresentam as características epistemológicas do conhecimento. Os outros eixos referem-se à “compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos”, e “o entendimento das relações existentes entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) (SASSERON, 2013; BRICCIA, 2013).

Apesar de ser um dos principais objetivos do Ensino de Ciências, vários pontos contrapõem-se à proposta da Alfabetização Científica. Briccia (2013) alerta para o seguinte fato:

[...], vemos que muitas vezes não se prioriza um ensino sobre a natureza da Ciência ou, ainda, das relações existentes entre a Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Uma das decorrências desse fato é que o trabalho realizado com a disciplina de Ciências, muitas vezes parcializado, mecânico, ajuda ainda a formar imagens não adequadas, ou distorcidas sobre Ciência e sua forma de desenvolvimento, sem que haja uma contextualização a respeito (BRICCIA, 2013, p.111).

Pozo e Crespo (2009) ao discutir algumas dificuldades de aprendizagem apresentadas por estudantes no Ensino de Ciências, chama atenção para a

concepção inadequada que eles apresentam sobre a natureza da ciência e sua aprendizagem. Dentre as atitudes e crenças apresentadas pelos alunos, os autores elencaram situações relevantes, tais como:

- A melhor forma de aprender ciência seria por meio da repetição daquilo que o professor explica durante a aula;
- Para aprender ciência é importante aceitar aquilo que o professor e o livro didático dizem, pois está baseado no conhecimento científico;
- O conhecimento científico é verdadeiro e deve ser aceito por todos;
- Não existe duas teorias sobre um mesmo fato, quando isso ocorre a ciência acaba demonstrando qual delas é verdadeira;
- O conhecimento científico é neutro e objetivo;
- O conhecimento científico proporciona melhorias na vida dos seres humanos.

Essa imagem da ciência, que muitos estudantes apresentam, é algo comumente passado pelos meios de comunicação e reforçado por professores em salas de aula. O conhecimento científico é enxergado como uma aplicação rigorosa do “método científico”. É necessário, portanto, que a ciência passe a ser vista e ensinada como um saber histórico e provisório e que os alunos participem ativamente no processo de elaboração do conhecimento (Pozo; Crespo, 2009).

Nessa perspectiva, Capecchi (2013) relata que os cursos de Ciências, tradicionalmente, estão voltados para um acúmulo de informações, consideradas como uma “realidade preexistente absoluta” descoberta pelos cientistas. A atenção recai sobre os produtos da ciência e o desenvolvimento de habilidades operacionais, o que muitas vezes dificulta os alunos compreenderem a linguagem científica.

O ensino por investigação contribui para que os estudantes percebam que as teorias científicas são construções humanas, frutos de interpretações, evidências e análise de argumentos. O processo de investigação é central e faz uso de ferramentas epistêmicas e metodológicas pelos cientistas para estabelecer um conhecimento existente e novo (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000).

No que se refere às investigações científicas, sabemos que ocorrem de maneiras distintas e, o modo como elas ocorrem está estritamente ligado às especificidades e condições disponibilizadas daquilo que se investiga. Todavia, é possível afirmar que tais investigações geralmente envolvem um problema, trabalho

com informações e conhecimentos já existentes, levantamento e teste de hipóteses, controle de variáveis, construção de explicações. Todas essas etapas podem ser realizadas em sala de aula, não estando condicionadas apenas a atividades experimentais de laboratório. A leitura de um texto, por exemplo, pode ser uma atividade investigativa tanto quanto uma prática de laboratório, o importante é que haja um problema a ser resolvido e as condições necessárias para resolvê-lo (SASSERON, 2013).

Para Mantovani *et al.* (2016), o ensino por investigação não pode ser considerado sinônimo de experimentação. Apesar de ser uma estratégia importante para o Ensino de Ciências, o uso de experimentos não é a única estratégia para a realização de atividades investigativas. Podem ser utilizadas diferentes estratégias didáticas como filmes, textos, jogos, simulações etc. O importante é que a situação de pesquisa seja contextualizada para que as questões propostas possam ser resolvidas, por meio de uma construção conjunta de explicações baseadas em evidências coletadas em diferentes fontes.

Nesse contexto, o ensino com base na investigação busca mostrar aos alunos os fatores que influenciam diretamente o “fazer científico”. Zompero e Laburú (2011) destacam que o ensino de caráter investigativo possibilita o aprimoramento do raciocínio e das capacidades cognitivas dos alunos, os auxiliam a desenvolver trabalhos em cooperação e favorece a compreensão da natureza do trabalho científico.

Trata-se de uma abordagem didática que faz uso de diferentes estratégias de ensino objetivando gerar espaço para que os estudantes desenvolvam habilidades relacionadas à cultura científica, visto que eles participam ativamente do processo de construção do conhecimento. A participação ativa dos estudantes, por meio de discussões sobre os temas a serem estudados em sala de aula, envolve dimensões importantes relacionadas à formação geral dos estudantes e possibilita o contato com ferramentas da ciência (CAPECCHI, 2013). Assim, Ferraz e Sasserón (2017), afirmam que:

Tomado como uma abordagem didática, o ensino por investigação não deve ser pensado como uma estratégia metodológica de ensino específica, mas sim ao modo como o professor possibilita as interações entre alunos e entre estes, os materiais e os conhecimentos. Dessa forma, sua implementação pode ocorrer por meio de ações e estratégias diferenciadas de forma a configurar um ambiente em que professor e alunos possam interagir e

colaborar entre si para que o entendimento sobre diferentes temas seja estruturado, ampliado e aprofundado. De modo objetivo, o ensino por investigação só será de fato investigativo se o professor promover condições para que ele ocorra. Embora isso possa parecer óbvio, reforçamos aqui nossa concepção de que não há atividade investigativa a priori. Uma atividade torna-se investigativa pelo modo como ela é trabalhada em sala de aula. Mas, claramente, há atividades que são construídas com características que já preveem este movimento, podendo ter mais êxito no objetivo de estabelecer a investigação entre os estudantes (FERRAZ; SASSERON, 2017, p.4).

O termo atividade investigativa tem sido empregado para designar o processo pelo qual os estudantes elaboram questões, planejam e executam estratégias para responder tais questões, obtêm e analisam dados e comunicam as conclusões obtidas (SILVA, 2008). Assim, não podemos deixar de mostrar o quanto que as sequências de ensino com ênfase em atividades investigativas contribuem para que os alunos se apropriem de conhecimentos científicos e de aspectos relativos à natureza da ciência (SASSERON; CARVALHO, 2009).

Azevedo (2004) enfatiza que numa atividade investigativa, a ação do aluno não deverá se limitar ao trabalho de manipulação ou observação, ela precisa apresentar características de um trabalho científico: o aluno precisa refletir, discutir, explicar, relatar etc. Isso dará ao trabalho as características de uma investigação científica. É importante que a atividade desenvolvida faça sentido para o aluno, de modo que ele possa compreender o porquê de estar investigando o fenômeno que lhe é apresentado.

O planejamento de uma investigação em sala de aula deve considerar os materiais oferecidos e solicitados aos alunos, os problemas que nortearão a discussão, os conhecimentos prévios necessários para que ocorra discussão, além do gerenciamento da aula que inclui o incentivo a participação ativa dos estudantes em todas as atividades a serem realizadas (SASSERON, 2013).

Um dos objetivos do ensino com base na investigação, é a promoção de situações argumentativas e explicativas durante as aulas. Para o Ensino de Ciências, essa estratégia caracteriza-se por desafiar os estudantes a participarem da construção do conhecimento de forma ativa, por meio de diversas ações como resolução de problemas, levantamento e análise de dados, dentre outras, além da promoção de habilidades argumentativas (GERALDI, 2017). As sequências de ensino investigativas buscam a participação dos alunos de forma ativa, levando-os à

procura de caminhos para encontrar uma ou mais soluções para um determinado problema.

Para que a argumentação de fato ocorra em sala de aula, o professor precisa promover a investigação por meio de problemas a serem resolvidos. Ao longo da investigação, ao permitir e promover situações em que ocorram interações discursivas, o professor poderá oferecer condições para que a argumentação surja. Para isso, é necessário que ele se atente ao trabalho de organização e análise dos dados e informações existentes e questione sempre os alunos, ao propor perguntas de tal modo que seja possível analisar observações feitas e/ou hipóteses levantadas e contrapor situações (SASSERON, 2013, p. 47-48).

Em trabalhos posteriores, Sasseron (2015) define as sequências de ensino investigativas como o encadeamento de atividades e aulas, nas quais um tema é colocado sob investigação e todas as relações desse tema com as demais esferas de conhecimento podem ser trabalhadas. Trata-se de metodologia de ensino com potencial significativo para promover a compreensão dos fenômenos científicos e para o desenvolvimento de capacidades cognitivas dos estudantes. Para Carvalho (2013), as SEI podem ser vistas como:

[...] sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada atividade é planejada, do ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores (CARVALHO, 2013, p.9).

Além de trazer uma definição do que vem a ser a SEI, e enfatizar a importância de o aluno ser ativo durante todo o processo, Carvalho (2013) descreve as etapas envolvidas na elaboração dessas sequências de atividades, sendo elas: proposição do problema, resolução do problema, sistematização de conteúdo, contextualização de conceitos e informações e avaliação, como apresenta o Quadro 3 a seguir.

Quadro 3: Etapas propostas por Carvalho (2013) para elaboração de uma SEI

Etapas	Atividades
1-Problematização Inicial	Proposto pelo professor, de modo que seja dada aos alunos a oportunidade de levantar e testar hipóteses, levando o aluno a passar da ação manipulativa a intelectual, estruturando o pensamento e argumentando com os colegas e professor.

2-Resolução do Problema		O importante nessa etapa são as ações manipulativas dos alunos que dão condições de levantarem e testarem suas hipóteses. A resolução do problema deve ser feita em grupos pequenos de alunos, o papel do professor é acompanhar cada grupo para ver se todos compreenderam o problema proposto.
3-Sistematização do Conhecimento	do	Pode ser feito por meio de relatos. Ao exporem seus argumentos os alunos podem mostrar como chegaram às hipóteses que deram certas e foram testadas.
4-Contextualização do Conhecimento	do	É importante que os alunos compreendam a aplicação do conhecimento construído do ponto de vista social.
5-Avaliação		Essa etapa é importante que seja compatível com os objetivos do ensino, realizado nas atividades da SEI, com a avaliação da aprendizagem dos estudantes. Tanto a observação quanto os registros realizados pelo professor sobre os alunos podem ser vistos como instrumentos de avaliação para acompanhar o desempenho dos alunos.

Fonte: Adaptado de Carvalho (2013).

Pedaste *et al.* (2015) ao realizarem uma revisão de literatura com o propósito de identificar elementos essenciais do ensino por investigação já publicados, propuseram um modelo de ciclo investigativo (Figura 1), o qual é composto de fases e subfases em que as atividades propostas se organizam de forma encadeada caracterizando um processo de investigação científica. Para Mantovani *et al.* (2016), a compreensão das fases desse ciclo pode contribuir para o professor planejar suas aulas de forma que estas as contemplem.

Figura 1: Fases e Subfases do ciclo investigativo



Fonte: Mantovani *et al.* (2016).

Para explicitarmos de forma mais sucinta todas as fases e subfases, suas definições e importância, elaboramos o Quadro 4 a seguir.

Quadro 4: Fases e subfases do ciclo investigativo de Pedaste *et al.* (2015)

FASES GERAIS	DEFINIÇÃO
Orientação	Consiste no processo de estimular o interesse e a curiosidade dos estudantes em relação a um problema ou tópico que poderá ser trabalhado durante a aula. Nesta fase também são exploradas as concepções prévias dos alunos. Essa etapa não possui subfase.
Conceitualização	Processo que envolve a compreensão dos conceitos pertencentes ao problema ou tópico declarado na fase anterior. Tem como subfases: o Questionamento , que consiste no momento de se chegar à questão de pesquisa ou perguntas mais abertas sob um domínio; e a Geração de Hipótese em que se chega à uma hipótese testável.
Investigação	Considerada a fase na qual a curiosidade é transformada em ação para responder à questão de pesquisa e testar a hipótese. Processo que envolve planejamento, exploração, experimentação, coleta e análise de dados. Tem as subfases: Exploração , a qual consiste numa forma sistemática de observar como meio de coletar dados com base em uma questão de pesquisa; a Experimentação , a qual consiste na elaboração de procedimentos para realizar experimentos com intuito de testar as hipóteses levantadas; já a Interpretação de dados , tem o objetivo de dar sentido aos dados coletados e sintetizar os novos conhecimentos. Esta subfase permite retornar à questão inicial ou a hipótese original da pesquisa e chegar às conclusões necessárias ao que foi questionado e testado.
Conclusão	Consiste no processo de apresentar as conclusões básicas do estudo, de comparar inferências feitas com dados, hipóteses ou questão de pesquisa. Não possui subfase.
Discussão	Possui as subfases Comunicação e Reflexão . A Comunicação pode ser enxergada como o processo de apresentação dos resultados, de comunicar as descobertas e conclusões para outros participantes do processo. Já a Reflexão , vista como um processo interno, busca refletir, avaliar, discutir todas as etapas do ciclo ou uma fase específica como, por exemplo, o sucesso ou não da investigação realizada.

Fonte: elaborado de acordo com Pedaste *et al.* (2015).

Mantovani *et al.* (2016), ao elaborar um material didático fazendo uso do modelo proposto por Pedaste *et al.* (2015), frisam que:

O interessante do ciclo investigativo proposto por Pedaste *et al.* (2015) é que todas as fases se conectem, mas não há uma linearidade. A elaboração de questões pode ser seguida por uma fase exploratória que gere outras questões ou que ajude a refinar uma questão que agora poder ser respondida por meio de um teste de hipótese. As conclusões elaboradas podem levar a novos questionamentos que podem ser explorados por novos ciclos investigativos. Isso mostra que não há uma receita única de passos a serem seguidos, mas que há etapas que, se contempladas em sala de aula, colocam o aluno no centro do processo de ensino e aprendizagem e de construção de conhecimento (MANTOVANI; SOUZA; CASEMIRO;

MAIDANA; ASSIS; MARINS; VENTO; LOVAGLIO; ASSIS; TOWATA; SCARPA; URSI, 2016, p.7).

Portanto, é importante atentarmos que, em todas as fases do ciclo proposto, desde a orientação até a conclusão, a fase de discussão e suas subfases devem estar presentes, visto que, essa fase pode ser vista como processos que auxiliam os estudantes a receber um feedback sobre seu processo de aprendizagem e compartilhar os resultados obtidos na investigação com outros, considerando que é uma fase não só de comunicação, mas também um período de reflexão dos dados obtidos durante toda a investigação.

Ressalta-se novamente que as fases de investigação do ciclo (Figura 1) proposto por Pedaste *et al.* (2015), não são etapa do método científico, mas fases elaboradas de maneira a operacionalizar o trabalho do professor que deseja fazer uso da abordagem investigativa em suas aulas. De maneira geral, o ensino por investigação deve permitir que o aluno questione, investigue e resolva problemas. É importante possibilitar que o aluno tenha contato com os conteúdos científicos e enxergue as relações desses conteúdos na sociedade.

1.4 - A Química Forense como estratégia de ensino voltada à argumentação

O ensino de Química apresenta um nível elevado de abstração, sendo considerado como algo bastante complexo de se transitar. De acordo com Júnior (2007), para que ocorra essa transição do nível macroscópico ao nível submicroscópico e representacional/simbólico, exige-se dos alunos o desenvolvimento de certos esquemas cognitivos, além de requerer do professor formação e domínio para trabalhar determinados conteúdos, e motivação do indivíduo para aprender.

Uma outra dificuldade relatada por professores nessa disciplina é a de encontrar meios que possam correlacionar o conteúdo teórico, o conhecimento prévio do indivíduo e seu contexto social. Dessa forma, surge a possibilidade de se trabalhar o ensino de Química por meio de temas norteadores, pautados no princípio da contextualização, como a Ciência Forense.

Por se caracterizar como uma área com temas transversais, a ciência forense pode propiciar a oportunidade de desenvolver atividades interdisciplinares no processo de ensino-aprendizagem. Dessa forma, torna-

se bastante relevante para ser trabalhada em sala de aula por aplicar os conhecimentos científicos na resolução de crimes. Além de possibilitar que o aprendiz torne significativo o que aprende, esse tema traz para a escola a possibilidade de dar significado social à disciplina ensinada, ou seja, amplia a visão e orienta o discente (CRUZ; RIBEIRO; LONGHINOTTI; MAZZETTO, 2016, p.167).

A Ciência Forense pode ser descrita como um campo que dá suporte a investigações de crimes (FERREIRA, 2016). Trata-se de uma área interdisciplinar que faz uso de conhecimentos da física, biologia, química, matemática e outras áreas na resolução de crimes. A Ciência Forense pode ser aplicada em diversas situações tais como: identificação de sangue em locais de crimes ou em objetos relacionados ao fato, revelação de impressão digital, identificação de substâncias entorpecentes, dentre outras aplicações.

De acordo com Rosa *et al.* (2014) a Química Forense pode ser considerada como uma ramificação da Ciência Forense, já que faz uso de técnicas e conceitos químicos na investigação de algum tipo de delito. Desenvolver estratégias de ensino por meio de temas norteadores, como a Química Forense, pode ser um meio facilitador do processo de ensino e aprendizagem, por se tratar de um tema relevante e que desperta o interesse dos alunos.

Segundo Dias Filho e Antedomenico (2010), crimes de repercussão ou acidentes trágicos, que ganham destaque na mídia gerando comoção e repercussão, servem como suporte para despertar o interesse do aluno pela matéria. Além disso, conhecer as diferentes formas de atuação de um químico forense pode despertar no aluno o interesse e a motivação pela Química.

Atuação de um químico forense não se restringe apenas a ocorrências policiais, como, por exemplo, homicídios. A aplicação dos conhecimentos da Química para auxiliar decisões de natureza judicial pode dar-se em outras esferas, tais como: perícia trabalhista, perícia industrial, perícia ambiental e doping esportivo. Nessa perspectiva, o químico forense deve possuir sólidos conhecimentos em todas as subáreas da Química para poder entender qual o papel de um perito em um local onde foi cometido um possível delito ou infração, bem como ter a capacidade de perceber, em determinado momento, se os exames periciais efetuados são suficientes para chegar a uma conclusão concreta, ou seja, confirmar a autoria do delito ou descartar o envolvimento de um suspeito (SOUZA, 2017, p.30).

Mota e Di Vitta (2014) salientam que, no Brasil, tem-se poucas publicações relacionadas a temáticas da Química Forense. A rotina de um perito forense é pouco conhecida em nossa sociedade, poucos sabem que o trabalho desenvolvido por

esses profissionais não se restringe apenas a laboratório, mas também a ambientes externos onde se realiza uma perícia.

A abordagem da Química Forense em sala de aula, pode ser visto como uma estratégia de ensino que leva os alunos a argumentar. Portanto, é importante ressaltar que o ensino, o qual possibilita meios para o surgimento da argumentação, pode levar o indivíduo a compreender conceitos científicos e a se posicionar diante de uma situação que exija tomada de decisão, além de auxiliá-lo na construção do conhecimento.

Sebastiany *et al.* (2013) afirmam que o trabalho com temáticas relacionadas a Ciência Forense e investigação criminal, possibilita colocar o estudante numa situação de pesquisador, levando-os a reconhecer a importância do trabalho coletivo e individual numa investigação. Nesse sentido, Sebastiany *et al.* (2013, p.49) enfatizam que tais atividades estimulam atitudes “desde a observação à manipulação, a curiosidade à interrogação, o raciocínio à experimentação, o direito à tentativa e erro e capacidades relacionadas com a comunicação”.

Entretanto, apesar de compreendermos a importância dessa ciência para a sociedade, é nítido que estamos lidando com um tema pouco debatido não somente nas escolas e livros didáticos, mas também na formação inicial do professor, mesmo se tratando de um ramo da ciência que faz uso dos conhecimentos da Química. É um tema instigante, pois além de permitir o trabalho de conceitos científicos e de abrigar em si um caráter de investigação, faz uso da interdisciplinaridade para promover debates em sala de aula.

Além disso, desenvolver estratégias de ensino com base na Química Forense e trabalhar tal proposta durante a formação inicial do professor de Química é uma maneira de possibilitar aos futuros docentes a vivência em situações argumentativas. Corroborando com a ideia de propostas de ensino que possibilitem a participação ativa dos estudantes, Carvalho (2011, p.19) ressalta a importância de atividades que promovam a participação e envolvimento dos mesmos, enfatizando que “o professor precisa estar preparado para conduzir a argumentação em classe - entre professor/alunos e alunos/alunos”.

Essas propostas de ensino, trabalhadas desde a formação inicial, podem auxiliar, de acordo com Ibraim e Justi (2017), a mobilizar os conhecimentos dos estudantes relativos a argumentação, já que proporcionam a oportunidade de observar e discutir as ações do professor formador enquanto mediador de situações

argumentativas, mobilizar seus conhecimentos de argumentação em uma situação prática de ensino e trabalhar com materiais favoráveis ao desenvolvimento de práticas argumentativas.

CAPÍTULO II – O MODELO DE TOULMIN

Nesse capítulo, falaremos do Padrão de Argumento proposto por Stephen Toulmin (TAP). Em seu livro, “Os Usos do Argumento”, Toulmin descreve os elementos que constituem o processo de argumentação representando todas as relações funcionais de cada componente (TOULMIN, 2006). Abordaremos o histórico desse modelo por meio de uma breve discussão acerca de sua relação com a teoria da lógica, seus benefícios para o estudo da argumentação, seus usos no Ensino de Ciências, como também, falaremos de algumas pesquisas que fizeram uso do TAP neste campo do conhecimento.

2.1 - Histórico do Padrão de Argumento proposto por Toulmin

Um dos principais contribuintes para nossa compreensão sobre argumentação é Stephen Toulmin, com seu livro “The Uses for Argument” publicado em 1958. Em sua obra, o autor procurou descrever a argumentação na prática, fazendo uma distinção entre as noções de argumentos empregados em contextos matemáticos de argumentos utilizados em contextos linguísticos (JÍMENEZ-ALEIXANDRE; RODRÍGUEZ; DUSCHL, 2000).

Por meio da análise de argumentos em diferentes campos do conhecimento, como direito, ciência, política, matemática, dentre outros, Toulmin consegue mostrar que alguns elementos do argumento podem ser os mesmos em qualquer campo, porém outros variam em função do contexto. Buscando explicitar tais diferenças, o autor propôs um modelo analítico de argumento capaz de ser utilizado em diferentes campos, inclusive no Ensino de Ciências, possibilitando a compreensão de argumentos apresentados pelos sujeitos das salas de aula (JÍMENEZ-ALEIXANDRE; RODRÍGUEZ; DUSCHL, 2000). Sobre a proposta desenvolvida pelo filósofo e suas aplicações em diferentes áreas do conhecimento, Amossy (2018) salienta que a mesma:

“[...] se preocupa com a razão prática e com as trocas cotidianas em que se tenta persuadir o outro quanto ao bom fundamento das posições. Ele considera que as modalidades e a validade de um argumento dependem em parte do domínio em que ele é utilizado, de modo que se possa imaginar funcionamentos e critérios de avaliação que variem segundo o campo que

se tem em vista. Ao mesmo tempo, existem procedimentos transversais que são comuns a todos os campos (AMOSSY, 2018, p.25) ”.

Quanto à questão da lógica, é importante frisar que a proposta se preocupa com as preposições que constituem o argumento, sendo esta subdividida em duas vertentes: a lógica formal e a lógica informal, havendo entre elas uma distinção. (WALTON, 2006; MENDONÇA; JUSTI, 2013).

A lógica formal tem como intuito criar meios de garantir que nosso pensamento proceda corretamente a fim de chegar a conhecimentos verdadeiros. No trabalho de Aristóteles, os argumentos demonstrativos (aqueles que objetivam atingir uma certeza absoluta) foram estudados no domínio da lógica formal (também denominada analítica) a partir de raciocínios silogísticos, dedutivos e indutivos. Na lógica formal, a validade dos argumentos depende apenas do formato das afirmativas (as premissas precedem a conclusão, que é uma consequência das mesmas). (MENDONÇA; JUSTI, 2013, p.190).

A lógica enquanto ciência formal, assim defendida por Aristóteles e seus sucessores, tornou-se questionável em “Os Usos do Argumento”. Era importante questionar até que ponto a lógica deveria ser considerada uma ciência e ser aplicada na análise crítica de argumentos que factualmente utilizamos ou que podem vir a ser usados. De forma geral, a preocupação de Toulmin (2006, p.4) era: “Se admitirmos que a lógica pode esperar ser uma ciência, a única questão que fica por resolver é o tipo de ciência que ela pode esperar ser”. Posteriormente, ao admitir que esse tipo de questionamento poderia ocasionar impasses, Toulmin sugere romper com antigos modelos e analogias referentes à lógica, afirmando que ela se ocupa:

[...] da solidez das alegações que fazemos – da solidez dos fundamentos que produzimos para apoiar nossas alegações, da firmeza do suporte que lhe damos – ou, para trocar de metáfora, com o tipo de *precedente* (no sentido em que os advogados usam este termo) que apresentamos em defesa de nossas alegações (TOULMIN, 2006, p.9).

A lógica informal, por sua vez, preocupa-se em “desenvolver procedimentos para análise, interpretação, avaliação, crítica e construção da argumentação no discurso cotidiano” (MENDONÇA; JUSTI, 2013, p.190). Para Amossy (2019) a lógica informal propõe-se a desenvolver instrumentos que permitem a análise e avaliação do processo argumentativo, buscando questionar a respeito da estrutura e natureza

dos argumentos, quais os critérios que garantem sua validade, se um argumento pode ser considerado válido ou não, dentre outros.

Ao discutir a história, a finalidade e alguns aspectos da lógica em sua obra, Toulmin (2006) alega que a mesma, até então, buscara se desenvolver longe de questões práticas, de como as pessoas tratavam e criticavam argumentos em diferentes campos do conhecimento, de modo que se desenvolveu:

[...] na direção a uma condição de completa autonomia, em que a lógica se torna estudo teórico autônomo, tão livre de preocupações práticas imediatas quanto certos ramos da matemática pura; e, embora em todos os estágios de sua história tenha havido gente preparada para, outra vez, levantar questões sobre a aplicação da lógica, raramente se levantaram algumas das questões vitais para compreender esta aplicação (TOULMIN, 2006, p.3).

Em suma, a obra proposta por Stephen Toulmin trouxe contribuições importantes para o campo da lógica informal ao focar no estudo de como as pessoas argumentam em situações corriqueiras, mostrando que bons argumentos não devem ser vistos apenas como deduções formalmente válidas (MENDONÇA; JUSTI, 2013; AMOSSY, 2018). Além disso, suas ideias possibilitaram a criação de um modelo de raciocínio argumentativo, que permite a análise, por meio de poucos componentes, da estrutura de argumentos que sustentam uma dada proposição (SEGUNDO, 2016).

Entretanto, é importante considerarmos que a estrutura de argumento proposta por esse filósofo não pode ser considerada como totalmente representativa do processo argumentativo. A argumentação em si, supera o padrão desenvolvido por Toulmin (conhecido como TAP- *Toulmin's Argument Pattern*), sendo este apenas uma ferramenta metodológica que permite ao analista desconstruir criticamente argumentos que estão sendo avaliados (SEGUNDO, 2016).

Além disso, é necessário destacar que nem todos os componentes propostos no TAP, estarão explícitos no argumento em uma ordem fixa de enunciação. O que queremos esclarecer é que, apesar de se tratar de uma ferramenta metodológica útil na análise de argumentos, temos que observar também algumas restrições quanto ao seu uso (SEGUNDO, 2016).

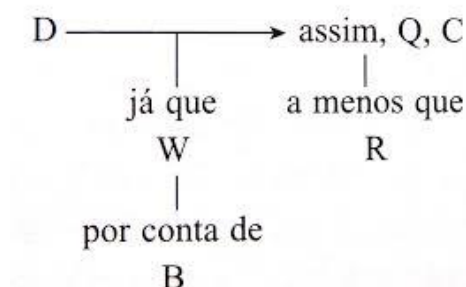
Além disso, convém ressaltar que o modelo analítico elaborado por Toulmin preocupava-se apenas com a estrutura do argumento e não com sua natureza dialógica, como destacam Mendonça e Justi (2013). Apesar dessa estrutura de

análise não versar diretamente sobre educação, suas ideias podem ser transpostas para esse campo, como discutiremos mais adiante na seção que trata das pesquisas que fizeram uso do TAP no Ensino de Ciências, as quais apontam a existência de limitações nesse modelo como em qualquer outra ferramenta metodológica, mas também enfatizam a possibilidade de realizar as adaptações necessárias conforme especificidade de cada contexto a ser pesquisado.

2.2 - O Padrão de Argumento de Toulmin

Para Toulmin (2006), o argumento possui a função de corroborar com alegações. O mesmo pode ser definido como uma afirmativa acompanhada de justificativa (MENDONÇA; JUSTI, 2013). Para explicar as características de uma adequada argumentação, o filósofo elaborou um “padrão de argumento”, conhecido como TAP (*Toulmin's Argument Pattern*), que possibilita identificar os componentes básicos que constituem o argumento e a relação entre estes (Figura 2).

Figura 2: Esquema do Padrão de argumento de Toulmin



Fonte: Adaptado de TOULMIN, 2006, p.150.

A estrutura acima (Figura 2), segundo Nascimento e Vieira (2009, p.20), constitui-se em “um padrão de argumentos de forma monologal, a partir de elementos básicos”, como: dado, conclusão e garantia de inferência. A Conclusão (C) é a alegação cujo mérito deve ser estabelecido, já o Dado (D) são fatos que servem como suporte para a alegação. Entretanto, Toulmin (2006) enfatiza que:

Normalmente, este processo é escrito muito resumidamente, na expressão “se D então C”; pode-se, contudo, expandi-la, com lucro, em favor da imparcialidade, e reescrevê-la como: “dados do tipo D nos dão o direito de tirar as conclusões C (ou fazer as alegações C)”, ou, noutra formulação

optativa, dados (os dados) D, pode-se assumir que C” (TOULMIN,2006, p.141).

A garantia de inferência (W), é responsável por estabelecer a conexão entre dados e conclusão. Para o filósofo, trata-se de garantias gerais, estabelecidas diferentemente dos fatos que são apresentados como dados. À medida que recorremos aos dados de forma explícita, a esta recorremos de maneira implícita. Garantias de inferência podem ser vistas como padrões práticos e cânones do argumento.

Porém, para que o argumento possa ser considerado completo, pode-se inserir um Qualificador modal (Q). Segundo Mendonça e Justi (2013, p. 191), este refere-se ao “elemento que qualifica a conclusão em função da ponderação entre os elementos de justificativa e refutação”. Nesse sentido, Toulmin salienta que:

Portanto, pode acontecer de não bastar que especifiquemos nossos dados, garantia e alegação; pode ser preciso acrescentar alguma referência explícita ao grau de força que nossos dados conferem à nossa alegação em virtude de nossa garantia. Numa palavra, pode acontecer de termos de inserir um *qualificador* (TOULMIN,2006, p.145).

O qualificador pode ser considerado como componente central na avaliação do argumento, como defendem Nascimento e Vieira (2009, p.21). Em um argumento “podem incidir, por parte do interlocutor adversário ou auditório, qualificadores distintos, o que se traduz na produção ou não de contra-argumentos”. Nesse aspecto, trata-se de um elemento responsável por decidir a continuação ou o término de uma situação argumentativa, sendo este responsável por estabelecer o aspecto dialogal do Modelo de Toulmin.

Além disso, Nascimento e Vieira (2009, p.21) salientam que, por trás da justificativa (ou garantia), existem outros suportes, “sem os quais nem as próprias garantias teriam vigência ou autoridade”. Por conseguinte, às vezes é necessário explicitar as circunstâncias nas quais a garantia apresentada pode ser ou não considerada válida como suporte para a conclusão; para isso é utilizado um Refutador (R). Consideramos que refutadores também representam o aspecto dialogal do argumento, uma vez que, expressando a clareza que o locutor tem acerca das limitações circunstanciais de sua alegação, possibilitam que este se adiante a possíveis contra-argumentos do interlocutor. Nesse sentido, Garcia-Milla *et*

al. (2013), consideram que a presença de refutadores pode ser percebida como indicativa de uma boa qualidade de argumento.

Além dos elementos já citados, a garantia de inferência (também identificada por alguns autores como justificativa), que apresenta um caráter hipotético, pode ser apoiada em uma alegação categórica baseada em uma lei, denominada de “backing” ou conhecimento básico (B). Portanto, B é um elemento de apoio à garantia, sendo expresso na forma de afirmações categóricas baseada em leis (jurídicas ou científicas), que dão suporte à justificativa (SÁ; QUEIROZ, 2007).

Para melhor compreendermos a aplicabilidade do TAP, adotaremos dois exemplos citados por Toulmin (2006) em sua obra “Os usos do argumento”. No primeiro exemplo, o argumento é composto por 3 elementos: dado, garantia de inferência e conclusão.

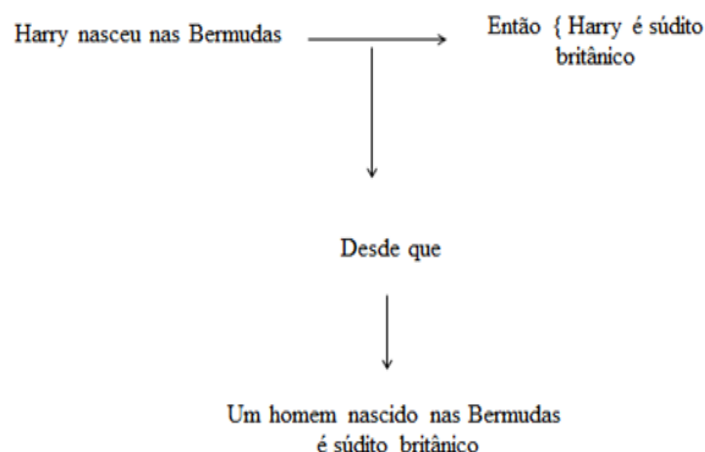


Figura 3. Aplicabilidade da estrutura do argumento proposto por Toulmin. Fonte: (Toulmin, 2006, p.143)

No exemplo de argumento mostrado na Figura 3, o dado explícito utilizado foi que “*Harry nasceu nas Bermudas*”. Logo, a frase é uma afirmativa que nos leva a concluir que “*Harry é um súdito britânico*”. Como suporte para essa conclusão, temos a seguinte garantia “*um homem nascido nas Bermudas será em geral súdito britânico*”, a garantia de inferência, no caso, dá ideia de confirmação, podendo ser validada por uma lei ou autoridade. É a garantia de inferência que permite a passagem do dado à conclusão.

Entretanto, dados, garantias e conclusão podem ser considerados como a estrutura inicial do argumento, de modo que outros três elementos podem ser inseridos para torná-lo aceito e complexo. Como já informamos anteriormente, às vezes é necessário explicitar as circunstâncias nas quais a garantia pode ser válida como suporte para a conclusão. O uso de refutadores (R), por exemplo, evidenciam a clareza que o locutor tem acerca de possíveis limitações para sua alegação. O qualificador (Q) pode ser visto como o responsável por atenuar ou reforçar a conclusão apresentada (NASCIMENTO; VIEIRA, 2009). E por fim, o apoio (B) a garantia, deverá ser baseado em leis jurídicas ou científicas. Considerando esses três elementos aplicados ao exemplo mostrado na Figura 3, teremos como resultado um argumento exposto (Figura 4) da seguinte forma:

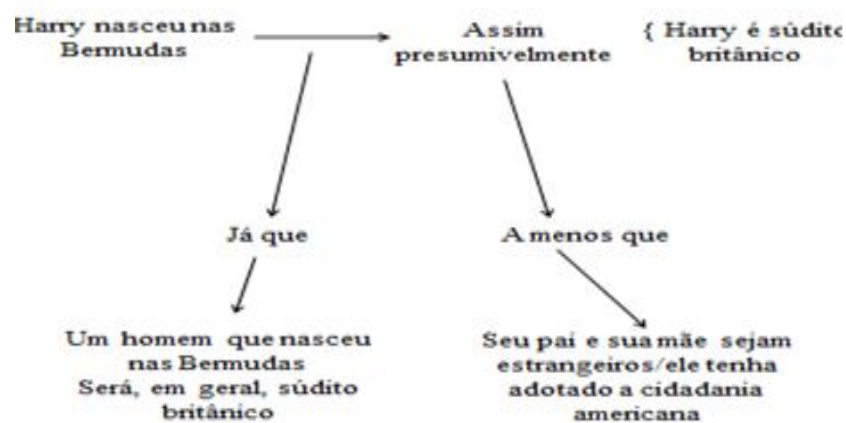


Figura 4: Aplicabilidade da estrutura completa do argumento proposto por Toulmin. Fonte: Toulmin (2006, p.151).

Como suporte à conclusão de que Harry é súdito britânico, utilizou-se o dado de que ele nasceu nas Bermudas. A garantia que permite inferir tal conclusão foi firmada na seguinte forma “um homem que nasceu nas Bermudas será, em geral, súdito britânico”. Contudo, como as questões de nacionalidade podem ser colocadas em questão, um qualificador (presumivelmente) foi inserido diante da conclusão. Por outro lado, a conclusão pôde ser refutada (R) com o a menos que seus pais fossem estrangeiros ou que ele tenha adotado outra cidadania. Por fim, como apoio a garantia, caso ela fosse desafiada, têm-se as leis que regem a nacionalidade das pessoas nascidas em colônias inglesas (Toulmin, 2006).

2.3 - Pesquisas em Ensino de Ciências que fizeram uso do TAP

Em se tratando do Ensino de Ciências, Jiménez – Aleixandre *et al.* (2000) destacam que a flexibilidade do modelo proposto por Toulmin é uma vantagem na compreensão de argumentos apresentados por alunos em salas de aula, visto que, a forma pela qual estudantes apresentam suas justificativas, crenças, explicações e ações pode derivar de contextos diferentes.

Em estudos posteriores, Jiménez-Aleixandre e Brocos (2015) citam que um dos pontos positivos quanto ao uso do TAP e de sua aplicação nos estudos sobre argumentação é que ele representa um modelo de argumento “prático e substantivo”, diferentemente dos esquemas de análise que dirigem a lógica formal. Trata-se de uma ferramenta útil para estudar discursos em situações em que se constrói um novo conhecimento, como em aulas de ciências. Entretanto, os autores citam como aspecto negativo desse modelo, a dificuldade em se distinguir, na prática, dados e justificação (garantias de inferência).

Para Driver *et al.* (2000), a análise de Toulmin é limitada, pois, embora possa ser utilizada para avaliar a estrutura de argumentos, pode não levar a julgamentos precisos, já que existe a necessidade de considerar que o conhecimento que o sujeito possui deve ser incorporado e avaliado no argumento. Além disso, não se considera que existem alguns aspectos interacionais (como contextos linguísticos e situacionais) que influenciam o argumento.

Em contrapartida, Kelly e Takao (2002) destacam que o padrão de argumento proposto por Toulmin, além de permitir uma reflexão sobre a estrutura do argumento, possibilita evidenciar seus componentes. Os autores ainda apontam algumas limitações ao modelo e enfatizam a necessidade de que argumentos produzidos por estudantes, devem ser analisados do ponto de vista epistêmico.

Pensando na aplicabilidade do TAP ao Ensino de Ciências, Sá (2010, p. 79) aponta como limitação dessa ferramenta metodológica “a desconsideração do contexto em que os argumentos são construídos e a falta de julgamento da confiabilidade dos mesmos”, uma vez que o conteúdo que constitui cada elemento não é levado em conta na estrutura.

Todavia, Nascimento e Vieira (2009) citam que as limitações quanto ao uso do TAP podem ser fruto das aplicações do padrão fora do campo jurisprudencial, em

que o mesmo foi concebido, visto que se encontra lacunas até mesmo em seu campo de concepção. Isso porque, o próprio Toulmin, ao elaborar esse modelo, não se preocupou com questões contextuais e contraposição entre interlocutores, mas com a validade da estrutura lógica interna de argumentos, de forma que os mesmos pudessem ser jogados de acordo com o padrão.

Porém, Capecchi (2004, p.63) defende que o padrão de argumento é uma “ferramenta poderosa para a compreensão da argumentação no pensamento científico”. A autora destaca algumas contribuições do TAP aplicado ao Ensino de Ciências, as quais referem-se a:

- Mostrar o papel de evidências na elaboração das alegações, relacionando dados e conclusões por meio de garantias de natureza hipotética;
- Realçar as limitações de uma determinada teoria e sua sustentação em outras teorias;
- A utilização dos qualificadores e refutações indicam uma compreensão clara da importância dos modelos na ciência e a capacidade de ponderar diante de teorias distintas, partindo das evidências apresentadas por cada uma delas.

Apesar das ponderações de alguns estudiosos em relação ao uso do TAP no contexto educacional, visto que este não foi elaborado com tal objetivo, podemos notar que o mesmo pode ser adaptado para tal finalidade, como demonstram as pesquisas a seguir.

Sá (2010) desenvolveu uma pesquisa pautada no método de Estudo de Caso, cujo objetivo foi analisar aspectos relacionados à argumentação de estudantes de um curso de Química Bacharelado de uma instituição pública de ensino superior paulista. Para atingir tal finalidade, o estudo contou com a elaboração de catorze casos, caracterizados como estruturados, mal estruturados e de múltiplos problemas. A escolha do Estudo de Casos, de acordo com a pesquisadora, deu-se pelo fato desse método possibilitar aos alunos:

[...] direcionar sua própria aprendizagem e investigar aspectos científicos e sócio-científicos, presentes em situações reais ou simuladas, de complexidade variável. O método consiste na utilização de narrativas (casos) sobre dilemas vivenciados por pessoas que precisam tomar decisões importantes a respeito de determinadas questões. A familiarização com o contexto do caso e com os seus personagens impulsiona os estudantes na busca de escolhas para solucioná-lo e a posterior tomada de decisão. Dessa maneira, utilizei o método e busquei verificar em que medida ele seria capaz de estimular a elaboração de argumentos pelos alunos, assim como avaliar a qualidade de argumentos empregados na

resolução de casos com abordagem em aspectos sócio-científicos (SÁ, 2010, p.2).

Ainda de acordo com a autora acima citada, os casos foram apresentados a 25 estudantes considerando diferentes contextos. No primeiro momento, os alunos tiveram a oportunidade de argumentar de maneira espontânea, já no segundo, os discentes foram instruídos a argumentar na perspectiva do Padrão de Toulmin, com o intuito de também investigar se ao ensiná-los a argumentar fazendo uso do TAP, favorecer-se-ia o desenvolvimento de habilidades argumentativas. A análise estrutural dos argumentos produzidos pelos alunos, na resolução dos casos, mostrou que ao instruir os estudantes a respeito dos componentes presentes na argumentação, favorece-se a elaboração de argumentos com um nível de complexidade elevado, do ponto de vista estrutural.

Outro estudo relevante para o Ensino de Ciências é o de Peron (2016), que também trabalhou com discentes de um curso de Química Bacharelado, na Universidade de São Paulo. Nessa proposta, foi desenvolvida uma atividade didática junto aos estudantes, que fez uso do *peer review process* (PRP), sendo este descrito como a forma na qual os alunos podem avaliar e serem avaliados por seus pares.

O PRP, utilizado na pesquisa de Peron (2016), foi estruturado em três fases, fazendo uso da temática biodiesel: na primeira fase foi realizada a leitura de um artigo e escrita de um texto argumentativo apresentando pontos negativos e positivos do uso do biodiesel; após, foi realizado um feedback da produção textual dos alunos; na terceira fase os estudantes tiveram a oportunidade de reelaborar o texto original a partir do feedback recebido dos colegas. O TAP foi empregado na avaliação estrutural dos argumentos escritos elaborados pelos alunos. A análise desses textos permitiu mostrar que, dos 25 participantes da pesquisa, apenas 2 textos não conseguiram apresentar argumentos de melhor qualidade comparados aos iniciais. Importante ressaltar que, no início desse estudo, os participantes tiveram acesso a material com definições e exemplos de componentes do argumento, de acordo com a ideia trazida por Toulmin (2006).

Freitas (2017), em seu estudo sobre movimentos epistêmicos e construção de argumentos em produções escritas de estudantes do curso de Ciências Biológicas (licenciatura e bacharelado), numa aula sobre anatomia vegetal, de uma instituição

pública de ensino no estado de São Paulo, utilizou o TAP (2006), para analisar os argumentos elaborados pelos discentes. O pesquisador analisou argumentos escritos produzidos pelos alunos em uma atividade prática que envolvia um processo investigativo, e os produzidos após uma aula de orientação, ministrada pela docente da disciplina, onde buscou-se enfatizar questões referentes a construção de dados e a articulação destes com as conclusões nas produções escritas. Os resultados de sua pesquisa apontaram para as dificuldades que esses estudantes tiveram em relacionar dados, garantias e conclusões. Com isso, o autor aponta para necessidade de desenvolver propostas didáticas que auxiliem os estudantes a relacionar os componentes do argumento em produções escritas.

Fatarelli (2011) buscou avaliar o potencial de estratégias de ensino baseadas em debates polêmicos acerca de questões sócio-científicas, com o intuito de desenvolver a argumentação. A pesquisa foi desenvolvida com estudantes do ensino médio e, envolveu trabalhos em grupo dentro e fora da sala de aula. Os discentes receberam textos de divulgação científica com a temática do urânio empobrecido. O tema abordado gerou debates em sala de aula de grupos contra e a favor ao uso do urânio empobrecido. Os argumentos produzidos pelos alunos foram analisados de acordo com o TAP e um outro modelo para análise de argumentação. Apesar das restrições ao uso do Padrão de Toulmin, citado pelo pesquisador em seu estudo, ele considera como uma ferramenta analítica importante para avaliar a estrutura de argumentos.

Por conseguinte, Reis (2013) se propôs a investigar o desenvolvimento da argumentação científica junto a alunos do quinto ano do ensino fundamental, fazendo uso das atividades investigativas (AI). As AI foram elaboradas tendo por base a proposta trazida por Carvalho *et al.* (2013). A temática abordada foi “o combate ao mosquito *Aedes Aegypti*”. As atividades foram construídas de forma a oportunizar aos alunos o engajamento no processo de investigação, de análise do objeto de estudo, elaboração de hipóteses, justificativa dos dados apresentados, além de buscar proporcionar uma interação entre os estudantes e, entre estes e a professora. Os argumentos produzidos pelos discentes foram analisados por meio do TAP que, na visão do pesquisador, auxilia a identificar e classificar componentes próprios da argumentação.

Já Geraldi (2017) buscou investigar a qualidade de argumentos produzidos por estudantes dos 6º e 7º anos do ensino fundamental, de uma escola particular do

estado de São Paulo, ao participarem de diferentes atividades investigativas. Para analisar os argumentos produzidos pelos alunos, foram utilizadas duas ferramentas metodológicas: uma baseada no TAP para buscar caracterizar a estrutura de argumentos, e outra, com o intuito de avaliar a qualidade do conhecimento científico utilizado pelos alunos para justificar seus argumentos. Os resultados apontaram que, pelo menos dois componentes presentes no TAP foram identificados nos argumentos dos discentes, apesar de também evidenciar a dificuldade que eles tiveram em introduzir elementos como: qualificador e refutação. No entanto, o estudo conseguiu mostrar a importância da implementação de propostas didáticas que fomentem a argumentação no Ensino de Ciências.

O TAP pode ser visto como um padrão de referência para estudar estrutura e qualidade dos argumentos produzidos em aulas de ciências. Por isso, justificamos a necessidade de utilizá-lo como ferramenta analítica neste trabalho. Apesar de algumas restrições encontradas na literatura em relação ao TAP, especialmente quando relacionamos seu uso ao Ensino de Ciências, concordamos com Grácio (2010), ao enfatizar que o Padrão de Toulmin além de possibilitar ler um discurso como a argumentação, proporciona um método de análise e avaliação de argumentos.

Quanto a sua aplicabilidade em sala de aula, consideramos que o TAP além de possibilitar avaliar a consistência de argumentos, é ferramenta importante na compreensão da argumentação no pensamento científico, como afirmou Capecchi (2004). Portanto, apesar de se tratar de uma estrutura de análise não específica da educação, seus pressupostos podem ser trabalhados e aplicados a esse campo.

CAPÍTULO III- PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, explicitaremos o percurso metodológico adotado durante este estudo. Para isso, partiremos da apresentação dos seus objetivos, definiremos a sua natureza, considerando uma discussão sobre abordagem qualitativa frente à quantitativa, e faremos uma explanação dos procedimentos e métodos utilizados para obtenção e tratamento de dados, bem como do emprego das categorias ao longo da análise das práticas epistêmicas e argumentativas presentes nos discursos dos sujeitos envolvidos.

3.1 - Questão e Objetivos da Pesquisa

Desenvolvemos esta pesquisa buscando responder ao seguinte questionamento: “Qual o potencial de uma sequência de ensino investigativa (SEI) planejada em torno de um tema da Química Forense para promover o desenvolvimento da argumentação e outras práticas epistêmicas no contexto de formação inicial dos professores? ”

Tendo em vista tal questão, traçamos como objetivo geral:

“Analisar o desenvolvimento de uma SEI, estruturada em torno de um tema da Química Forense, verificando o espaço gerado para a argumentação e outras práticas epistêmicas, quando aplicada no contexto de formação inicial de professores, em uma turma de licenciandos em Química.

Como objetivos específicos temos:

- Identificar as práticas epistêmicas que surgem nos discursos dos alunos no decorrer da SEI;
- Descrever o processo de elaboração conjunta dos argumentos que se desenvolve ao longo das discussões dos alunos;
- Caracterizar a estrutura dos argumentos verificados;
- Verificar como o conhecimento científico é incorporado pelos alunos na construção dos argumentos durante a aplicação da SEI.

3.2 - Marco metodológico

A abordagem utilizada nessa pesquisa é de natureza qualitativa. O termo pesquisa qualitativa refere-se às pesquisas que produzem resultados não alcançados por meios de procedimentos estatísticos ou de quantificação. As análises qualitativas referem-se ao processo de interpretação de dados não matemáticos, tendo como foco a descoberta de conceitos e relações provenientes dos dados brutos (STRAUSS; CORBIN, 2008).

Contudo, Bawer e Caskell (2002) ressaltam que existe uma confusão metodológica e falsas afirmações ao se buscar fazer uma distinção entre estudo qualitativo/quantitativo, no que se refere a coleta de dados, princípios de delineamento da pesquisa e interesses do conhecimento. Assim, os autores apresentam uma discussão sobre as principais diferenças entre pesquisa qualitativa e quantitativa, ressaltando que a principal característica das pesquisas de cunho quantitativo é o uso de modelos estatísticos para explicar os dados obtidos; já na qualitativa, por focar mais no processo que nos resultados, o tratamento estatístico passa a ser desnecessário.

Além das diferenças até o momento explicitadas sobre pesquisas quantitativa e qualitativa, Sampieri e colaboradores (2013, p. 33) afirmam que o “enfoque qualitativo utiliza a coleta de dados sem medição numérica para descobrir ou aprimorar perguntas de pesquisa no processo de interpretação”. Podemos, ainda, considerar que:

[...] ao contrário da maioria dos estudos quantitativos, em que as clarezas sobre as perguntas de pesquisa e as hipóteses devem vir antes da coleta e da análise dos dados, nos estudos qualitativos é possível desenvolver perguntas e hipóteses antes, durante e depois da coleta e análise dos dados (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013, p.33).

Portanto, é notório que pesquisas qualitativas possuem características diferentes das análises quantitativas, dentre elas, destaca-se que os estudos qualitativos se fundamentam mais em uma lógica e em um processo indutivo, em que a exploração, descrição e interpretação da realidade são extremamente importantes, para que depois possam também gerar perspectivas teóricas (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013).

Para Lüdke e André (1986), as estratégias qualitativas são ricas em dados descritivos, contendo um plano aberto e flexível que enxerga a verdade de uma forma complexa e contextualizada. No entanto, apesar de todas as definições e

características apresentadas até aqui para estudos qualitativos, compreendemos que tal proposta aplicada ao Ensino de Ciências apresenta algumas particularidades; nesse sentido, Sampieri e colaboradores (2013, p.36) salientam que “as ciências físicas/ naturais e as sociais são diferentes. Os mesmos princípios não podem ser aplicados”.

Por isso, concordamos que cada área de conhecimento, bem como interesses particulares de estudo apresentam suas especificidades no tocante as análises qualitativas.

Carvalho (2011, p.23) destaca que o foco principal das pesquisas qualitativas em salas de aula de ciências “é a descrição do fenômeno do Ensino de Ciências que leva os alunos a uma enculturação científica”. Dessa forma, todas as etapas desenvolvidas durante a pesquisa para obtenção de resultados são relevantes, pois se desejamos descrever o processo de ensino, sua descrição deve ser perfeita (CARVALHO, 2011). Nesses casos, o pesquisador deve ir a campo:

[...] com o problema bem delimitado, sabendo o que vai observar e, portanto, buscando evidências que comprovem ou não suas hipóteses iniciais. A maior parte é estudo de caso, em que as atividades de ensino são pesquisadas aprofundando-se nas relações professor/aluno/conteúdo, aluno/aluno/conteúdo (CARVALHO, 2011, p.27).

Ressalta-se também que, apesar de Sampieri e colaboradores (2013) afirmarem que nos estudos qualitativos é possível desenvolver questionamentos e hipóteses antes, durante e depois da coleta de dados, no contexto de aula tem-se dois pontos a serem considerados: as pesquisas sobre o ensino e as pesquisas que são desenvolvidas pelo professor durante as aulas, em que os problemas podem ser percebidos e posteriormente transformados em questões, quando estes buscam refletir sobre a sua ação pedagógica. (CARVALHO, 2011).

A diferença fundamental entre estes dois tipos de pesquisas não é quem a faz, mas os objetivos que pretendem alcançar. As duas constroem seus problemas, e conseqüentemente seus dados, nas mesmas aulas. Entretanto, as pesquisas sobre o ensino pretendem estudar o “como” para chegar ao “porquê” os alunos aprendem, alcançando os conteúdos, habilidades e competências determinadas nas pesquisas no ensino (CARVALHO, 2002, p.64).

Nesse estudo, adotamos uma abordagem qualitativa focalizando um “caso”. Conforme Yin (2010), o estudo de caso é um dos pontos mais desafiadores na

pesquisa. Este pode ser visto como uma investigação empírica que busca compreender um fenômeno atual a fundo, considerando para esse entendimento as condições contextuais em que o mesmo ocorre, além de permitir aos investigadores a retenção de características significativas dos fenômenos que ocorrem em uma situação real.

O estudo de caso busca a compreensão de um determinado fenômeno em sua totalidade. Pesquisas que fazem uso de estratégias como o estudo de caso, devem ser precedidas por um bom planejamento, além de uma escolha adequada dos referenciais teóricos a serem adotados, considerando as características do caso a ser analisado e todas as ações que serão desenvolvidas no decorrer da pesquisa (SILVA; NASCIMENTO; CRUZ; TERRA; COSTA, 2013). Quanto ao uso de tal estratégia, Yin (2001) ressalta que:

[...] os estudos de caso representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo "como" e "por que", quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real (YIN, 2001, p.19).

De acordo com Lüdke e André (1986), os estudos de caso apresentam algumas características essenciais, tais como: visam a descoberta, enfatizam a “interpretação em contexto”, utilizam uma variedade de fonte de informação, procuram representar os diferentes pontos de vista presentes em um contexto, dentre outras. Em se tratando de Educação, o estudo de caso possui grande potencial para retratar as situações presentes nas escolas, por exemplo, consegue fornecer as bases necessárias para que o pesquisador possa compreender as relações que permeiam o processo educativo num dado contexto.

3.3 – A Sequência de Ensino Investigativa

A elaboração da Sequência de Ensino Investigativa (APÊNDICE1) foi realizada com o intuito de gerar os dados da pesquisa. Para tal, propomos partir de uma problemática que tivesse potencial para estimular a argumentação e o surgimento de práticas epistêmicas entre os participantes da SEI, bem como gerar espaço para discussão com os licenciandos em Química sobre a inserção de

atividades investigativas e argumentação em sala de aula, tendo como tema a Química Forense.

A sequência de ensino é uma produção conjunta envolvendo a pesquisadora e orientadora desta pesquisa, além de dois estudantes do curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Sergipe, que fazem parte do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID). Ela foi elaborada a partir de diversas discussões a respeito do tema proposto. A construção da SEI envolveu também a participação da pesquisadora e dos demais colaboradores em um curso de capacitação de professores sobre argumentação e atividades investigativas.

A SEI foi elaborada de acordo com o modelo apresentado por Pedaste *et al.* (2015). Como informamos no primeiro capítulo desse estudo, os autores desenvolveram um modelo de ciclo investigativo (Figura 1) tendo por base uma revisão sistemática de literatura, realizada com o objetivo de identificar as fases centrais da aprendizagem baseada em inquérito (investigação) e como essas fases estão envolvidas no processo de aprendizagem. Assim, o modelo proposto teve como foco fornecer uma base de investigação sintetizada podendo ser utilizada como procedimento eficaz ao se trabalhar a aprendizagem baseada na perspectiva do ensino por investigação.

3.4 – A Aplicação da SEI

A SEI foi aplicada pela pesquisadora a estudantes do curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Sergipe, matriculados na disciplina Metodologia e Instrumentação para o Ensino de Química. Tal escolha deu-se pelo fato de que um dos objetivos da disciplina, presente em sua ementa, seria discutir a implementação e produção de material didático para a educação básica; entretanto, anteriormente a elaboração de tais materiais, normalmente é realizado um estudo sobre o que vem a ser uma abordagem de ensino problematizadora, a importância da experimentação no ensino de Química, as sequências de ensino e o papel da experimentação investigativa no Ensino de Ciências.

Nesse estudo, contamos com 23 participantes, sendo que todos, ao concordarem em participar da pesquisa, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) permitindo o uso de filmagens e gravações de áudios,

como meio de coletar dados para uma posterior análise, desde que suas identidades fossem preservadas. O TCLE, (APÊNDICE 2), foi elaborado conforme a Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012 (BRASIL, 2012). Ressalta-se também que a SEI foi executada em um laboratório de Química Geral do Departamento de Química da Universidade Federal de Sergipe.

Como citado anteriormente, nossa proposta didática foi elaborada de acordo com o ciclo investigativo (Figura 1) de Pedaste *et al.* (2015), e possuiu duração aproximada de quatro horas. A escolha de uma das áreas da Ciência Forense, que faz uso de conhecimentos da Química, deu-se com o intuito de propiciar aos participantes da sequência, ao assumirem o papel de peritos forenses, meios de argumentar e desenvolver práticas epistêmicas, quando envolvidos em atividades investigativas que fazem uso de técnicas de investigação criminalística, e também levá-los a compreender como a Química contribui com à Justiça a elucidar, por exemplo, homicídios por arma de fogo. Nesse sentido, a SEI busca responder a seguinte questão: Quem matou José?

Para melhor explicitarmos o desenvolvimento da proposta didática, a sequência foi dividida em três etapas, que estão descritas, a seguir, e resumidas no Quadro 7.

Etapas 1- fases de orientação e conceitualização – Primeiramente, a proposta didática foi apresentada aos participantes da SEI. Para conhecer as concepções dos estudantes sobre Ciência Forense, os mesmos foram convidados a assistir a um vídeo, da Discovery Brasil (2018) (<https://www.youtube.com/watch?v=zEJeOu0p8E>), com duração de 5 minutos e 48 segundos, cujo teor referia-se a um caso de assassinato por arma de fogo de três membros do mesmo grupo familiar. Após exibição do vídeo, os alunos responderam aos seguintes questionamentos presentes no roteiro da SEI:

1- Supondo que vocês sejam policiais e devam investigar o caso mostrado no vídeo, que procedimentos tomariam? Elenquem e descrevam cada um deles.

2- Considerando a resposta à questão anterior, vocês acreditam que a química está envolvida na resolução da proposta? Justifique sua resposta.

O objetivo foi conhecer as concepções iniciais dos participantes acerca do tema a ser trabalhado e fomentar discussões sobre alguns métodos de investigação policial, em casos que envolvem homicídios por arma de fogo. Após os alunos

responderem ao questionário, a pesquisadora iniciou uma discussão indagando como eles procederiam para desvendar o crime abordado no vídeo. A partir das discussões geradas, em que foi possível explorar as concepções prévias dos alunos acerca do tema, a pesquisadora explicou a estes como é realizada uma investigação que envolve homicídio e retomou a resolução do caso apresentado, fazendo uso de um out vídeo, da Discovery Brasil (2018), com duração de 8 minutos e 10 segundos (<https://www.youtube.com/watch?v=LB0BOZcfCnc>). Por meio do vídeo, os estudantes tiveram a oportunidade de observar como a polícia chegou ao responsável pelo crime, identificando cada uma das etapas da investigação policial, discutidas durante a aula, além de algumas técnicas da ciência forense.

O segundo vídeo, que trouxe a resolução do caso apresentado no primeiro, serviu como subsídio para, posteriormente, trabalhar com os alunos o que vem a ser Ciência Forense e como esta ciência faz uso de diversas áreas de conhecimento ao auxiliar a justiça na elucidação de alguns delitos.

Dando prosseguimento às atividades, foi realizada a leitura do texto “Química Forense: utilizando métodos analíticos a favor do Judiciário”, o qual possibilitou uma discussão acerca do surgimento da Química Forense e suas técnicas de investigação. Esse primeiro momento da SEI serviu para que a professora instigasse os alunos a participar e se engajar nas atividades que seriam desenvolvidas, além de introduzir conhecimentos necessários para a atividade investigativa proposta na etapa seguinte.

Etapla 2- fases de investigação e conceitualização – Na segunda etapa, trabalhamos com a experimentação de cunho investigativo, momento que serviu de base para fomentar discussões sobre os métodos da Química Forense na elucidação de crimes que envolvem o uso de armas de fogo. Para isso, os alunos tiveram que solucionar um caso hipotético (Quadro 5) de uma tentativa de assalto que resultou em um assassinato.

Quadro 5: Experimentação investigativa trabalhada na SEI

Quem matou José?

1- Numa tentativa frustrada de roubo a um “carro forte” Chico, Mateus e Francisco, durante a fuga, atiram com uma arma de fogo contra os seguranças que reagiram ao assalto. Um dos tiros acabou atingindo o segurança José que, apesar de ter sido socorrido, não resistiu aos ferimentos e faleceu. Algumas horas depois, os três assaltantes foram identificados, capturados e levados à delegacia. No local onde os suspeitos foram encontrados, a polícia coletou mochilas, capuzes e roupas que os mesmos utilizaram no momento do assalto, como possíveis provas. Porém, a arma utilizada no crime não fora encontrada. Todos negaram a autoria do disparo que ocasionou a morte do segurança. E

agora, quem matou José?

Questionamento:

1-Você seria capaz de elaborar algum esquema procedimental, considerando os conhecimentos da Química, para chegar até o suspeito? Discuta.

Os participantes da SEI foram convidados a atuar como investigadores e encontrar o responsável pelo assassinato, fazendo uso de conhecimentos da Química. Para isso, após apresentarmos a questão acima e escutarmos dos alunos possíveis formas de solucionar o caso, realizamos uma breve discussão sobre o texto: “Entendendo o que acontece quando uma arma de fogo é disparada”, de modo a permitir que eles avançassem no sentido de propor formas de indicar o possível assassino.

Após explicitarmos o mecanismo de funcionamento de uma arma de fogo, solicitamos que os estudantes realizassem uma pesquisa na internet sobre os procedimentos adotados pela polícia para identificar possíveis vestígios de disparo de armas de fogo, e que os mesmos elaborassem uma forma de solucionar o caso do assassinato apresentado na sequência. Neste momento, os alunos já tinham tido conhecimento que o teste realizado nesses casos consistia na identificação de íons ou fragmentos de chumbo no corpo e nas vestes do atirador.

A pesquisadora disponibilizou três amostras de tecidos de algodão para cada grupo, sendo que uma dessas amostras havia sido propositalmente contaminada com uma solução de acetato de chumbo a 1% (para representar os fragmentos de chumbo), já que além de se depositarem no corpo do atirador, os vestígios provenientes do disparo de armas de fogo também impregnam as roupas do suspeito e se espalham pelo ambiente.

Além disso, também foi disponibilizado para os alunos, reagentes e vidrarias necessários à experimentação, tais como: béquer, conta-gotas, papel filtro, fita adesiva, pinças, vidro de relógio, água destilada e solução de rodizonato de sódio a 0,2%.

Os alunos deveriam elaborar um procedimento e descobrir, fazendo uso das possíveis provas (no caso os tecidos) disponibilizadas e de conhecimentos científicos, qual dos três suspeitos poderia ser indicado como culpado pelo crime, como mostra o Quadro 6 a seguir.

Quadro 6: Atividade investigativa - Identificação de vestígios do disparo a partir de Exame Residuográfico.

Quem matou José?

PROCEDIMENTO:

Agora que sabemos que no momento do disparo de armas de fogo são deixados vestígios no local do crime e no próprio atirador e conhecendo também que existem testes químicos que podem identificar esses vestígios, vamos à investigação.

Suponha que você é o perito responsável pela investigação da morte de José. **Elabore e desenvolva com seu grupo um plano para identificar o culpado pela morte do segurança, considerando as roupas deixadas pelos bandidos em local próximo ao crime. Vocês receberão de sua professora pedaços de tecidos que representam partes da roupa de cada um dos fugitivos. Tais tecidos são as amostras a serem submetidas à análise.**

Descreva os materiais utilizados (reagentes e vidrarias), os procedimentos a serem adotados, os referenciais teóricos utilizados e as conclusões a que chegaram, justificando-as.

Etapa 3- fase de orientação - No terceiro momento, após os estudantes terem elaborado, testado e discutido seus procedimentos, bem como comunicado os resultados obtidos, de acordo como o que lhes foi solicitado na etapa anterior, pode-se trabalhar alguns conceitos químicos, tais como reação química e formação de complexos. Tratou-se de uma aula expositiva e dialogada, com o objetivo de sistematizar tudo que foi discutido no decorrer da sequência e trabalhar alguns conceitos científicos com os alunos, mostrando possíveis formas pelas quais a Química pode auxiliar a justiça na investigação e elucidação de crimes.

Ressalta-se que, ao final dessa etapa, pedimos que os participantes dessa pesquisa contribuíssem com sugestões de possíveis melhorias na sequência de ensino investigativa, de forma que a mesma pudesse ser trabalhada com a Educação Básica. O Quadro 7, a seguir, traz uma síntese das etapas da SEI.

Quadro 7: Estrutura geral do Produto Educacional

Encontro	Objetivos	Conceitos	Estratégia didática	Recursos
1º etapa Fases de Orientação e Conceitualização	Explorar as concepções prévias dos participantes da SEI acerca de como funciona a investigação de homicídios, como também, perceber se eles	Ciência Forense Química Forense	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de proposta didática; • Discussão prévia e problematização do tema; • Projeção de vídeos, discussão e análise do caso apresentado nos 	Questionários Slides Notebook Datashow Câmeras Gravador

	acreditam que a Ciência/Química pode contribuir na resolução de crimes dessa natureza		vídeos, leitura e discussão de texto.	
2º etapa Fases de Conceitualização e Investigação	Engajar os alunos em práticas discursivas e levá-los a desenvolver práticas epistêmicas ao longo de uma atividade investigativa envolvendo homicídio por arma de fogo.	Armas de fogo Combustão Reação química com formação de complexos	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura e discussão de texto • Realização de pesquisa bibliográfica na internet • Elaboração de roteiro para o experimento; • Uso de experimento. 	Celular Roteiro para realização do experimento Materiais: pipetas, tecidos, fita adesiva, vidro de relógio, béquer, bastão de vidro, espátula. Reagentes: água destilada, nitrato de chumbo, solução de rodizonato de sódio 0,2%.
3º etapa Fase de Conclusão	Sistematizar tudo o que foi discutido no decorrer da sequência e trabalhar alguns conceitos científicos com os alunos.	Reação Química Formação de complexos	<ul style="list-style-type: none"> • Em grupo; • Aula expositiva e dialogada; • Discussão entre professor e alunos. 	Notebook e Datashow.

Quanto a validação do nosso instrumento de pesquisa, no caso a sequência didática, consideramos que o material obtido (a SEI) encontra-se validado. Como informado anteriormente, a SEI envolveu também a participação da pesquisadora e dos demais colaboradores em um curso de capacitação de professores sobre argumentação e atividades investigativas. Após elaboração, o material foi apresentado aos demais participantes do curso com intuito de receber sugestões para possíveis melhorias.

Posteriormente, após ouvir as propostas dos demais professores e estudantes de graduação participantes do curso, realizamos alguns ajustes necessários e aplicamos, como um teste inicial, nosso material a estudantes da terceira série do ensino médio do Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Sergipe. O intuito era testar a potencialidade da SEI, como também analisar a necessidade de possíveis modificações na estrutura do material didático.

Ressaltamos que os conteúdos trabalhados inicialmente tinham um menor grau de dificuldade por se tratar de um material proposto para ser desenvolvido, a princípio, na Educação Básica; entretanto, os resultados obtidos apontaram para a necessidade de novos ajustes na estrutura da SEI.

Por conta disso, reelaboramos todo o material didático, de forma que, adaptado, pudesse ser trabalhado na graduação, especialmente, para professores durante a formação inicial. Nosso objetivo era levar e desenvolver a proposta para esse público e posteriormente solicitar que eles pensassem e dessem sugestões sobre formas de adaptar a SEI para ser trabalhada na Educação Básica (especialmente nos anos finais do ensino médio), de modo que, além de fomentar a argumentação em sala de aula os estudantes fossem levados a desenvolver práticas epistêmicas durante as atividades propostas.

Entretanto, após essa nova implementação da SEI e análise dos dados obtidos, sentimos uma necessidade de novas melhorias em nosso material, de modo a melhor contemplar o desenvolvimento de práticas epistêmicas e da argumentação em sala de aula. Por conta disso, reestruturamos a sequência (APÊNDICE 3) de modo que cada etapa foi repensada para contribuir com o desenvolvimento de debates em sala de aula, em torno de como é realizada uma investigação de homicídios por armas de fogo e como os conhecimentos da Química contribuem em tais casos, além de buscar envolver os alunos em práticas discursivas e epistêmicas da ciência.

3.5 – Procedimentos para análise dos dados

Para realização desse estudo, além dos questionários que fizeram parte do material instrucional, os dados também foram coletados por meio de gravações em vídeo, sendo esses armazenados em um computador e posteriormente transcritos. As transcrições foram feitas na íntegra, sem alteração dos textos, falados ou escritos, dos alunos e da professora.

Após o processo de transcrição, os dados foram fragmentados em episódios, com a finalidade de selecionarmos para análise os resultados relevantes para a pesquisa. O mapeamento dos dados em episódios nos possibilitou caracterizar a sala de aula e identificar as dinâmicas discursivas que ocorreram durante a SEI.

Os mapas de episódios contextualizam as ações e o discurso produzidos em sala de aula. Eles representam como as interações entre os alunos e o professor foram organizadas, indicam o tempo gasto em diferentes atividades e possibilitam que se compreenda de uma forma mais panorâmica o fluxo das interações discursivas de uma aula (SILVA, 2008, p.114).

Para analisar a qualidade e estrutura dos argumentos orais e escritos elaborados pelos alunos, utilizamos como ferramenta analítica, o Padrão Argumentativo de Toulmin (TAP). Para análise das práticas epistêmicas, fizemos uso de um sistema de categorias (Quadro 1) proposto por Jiménez-Aleixandre (2008), adaptadas e sintetizadas por Silva (2015).

CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, apresentamos uma análise dos argumentos e práticas epistêmicas desenvolvidos pelos licenciandos ao longo da sequência de ensino investigativa. Em cada etapa da SEI, foram trabalhadas questões que não visavam apenas a construção de argumentos, mas que levavam os estudantes a expressar suas ideias e conhecimentos sobre como é realizada uma investigação de crimes que fazem uso de armas de fogo, de modo que a partir daí fossem introduzidos conhecimentos de Química que podem vir a auxiliar a justiça na elucidação de tais casos. Para análise, priorizamos as questões que mais fomentaram a elaboração de discursos argumentativos, embora as demais possuísem também potencial para tal finalidade. Todas foram de extrema importância no contexto deste estudo, sendo que, em algum momento, determinadas questões são tomadas para análise por melhor informarem se ocorreu evolução ou não no nível de argumento dos discentes participantes da pesquisa, em função das respostas obtidas. Por fim, apresentaremos as limitações encontradas em nossa pesquisa discutindo possíveis soluções para tais problemas.

4.1 – Conhecendo as concepções prévias

A aula da disciplina Metodologia e Instrumentação para o Ensino de Química foi iniciada com um episódio de gestão e manejo de classe, em que a professora solicitou que os estudantes se organizassem em grupos, orientou-os acerca da forma como ocorreriam as atividades e realizou uma breve explanação sobre o que vem a ser argumentação e sua importância para o Ensino de Ciências.

Nesse primeiro momento da aula, de acordo como o planejamento da SEI, o foco não deveria ser trazer informações sobre a Química Forense, mas conhecer as concepções prévias dos participantes a respeito do tema, objetivando explorá-las e levá-los a refletir sobre tais concepções.

Para Hoffman *et al.* (2017) é importante que os professores, ao introduzir novos conteúdos nas aulas de ciências, busquem favorecer a construção do diálogo com os alunos; estes, quando questionados, procuram responder com base em suas

experiências adquiridas com a família, amigos e até mesmo através de meios de comunicação. Portanto, a responsabilidade da professora consistiu, no início da sequência, em buscar favorecer a exposição inicial de ideias por parte dos alunos.

[...] os alunos geralmente usam os seus pré-conhecimentos, muitas vezes baseados no senso comum, para responder a indagação de seus professores. É a partir das respostas dos alunos que o professor tem a possibilidade de reelaborar sua aula, estabelecendo uma ponte a partir das “hipóteses” apresentadas pelos estudantes até o conhecimento científico (HOFFMANN; NAHIRNE; STRIEDER, 2017, p.92).

A professora informou aos alunos que, no primeiro momento, eles assistiriam a um vídeo, o qual tratava de um “caso de assassinato de três membros de uma mesma família”. A principal motivação para tal crime envolvia uma disputa por herança. Ressalta-se que, durante o assassinato, apenas as vítimas encontravam-se na residência que havia sido invadida pelo assassino.

Por ter havido várias desavenças entre membros daquele grupo familiar, relatados no vídeo, anteriormente aos assassinatos, a polícia teve algumas dificuldades para descobrir o verdadeiro culpado. No vídeo, o caminho percorrido pela polícia para chegar ao responsável é permeado por algumas técnicas forenses, sendo que, algumas destas fazem uso de conhecimentos químicos.

Após a exibição do vídeo, foi solicitado aos estudantes que respondessem aos questionamentos iniciais presentes no roteiro da SEI, os quais são apresentados no Quadro 8.

Quadro 8: Questões pós vídeo.

QUESTIONÁRIO

1-Supondo que vocês sejam policiais e devam investigar o caso mostrado no vídeo, que procedimentos tomariam? Elenquem e descrevam cada um deles.

2-Considerando a resposta à questão anterior, vocês acreditam que a química está envolvida na resolução da proposta? Justifique sua resposta.

As questões acima, presentes no Quadro 8, nos possibilitaram enxergar se os estudantes possuíam alguma noção de como é realizada uma investigação de homicídios, e se eles acreditavam que a química poderia vir a contribuir em tais casos. Após os discentes responderem a tais questionamentos presentes no roteiro

da SEI (Apêndice1), a professora solicitou que todos se pronunciassem quanto às suas respostas. Dos 23 estudantes, apenas 11 participaram dessa discussão inicial.

No Quadro 9, a seguir, apresentamos a transcrição desse trecho (episódio 3) da aula. É importante lembrar que a transcrição desse episódio, como dos demais que serão aqui discutidos, foi realizada na íntegra, como já citado na metodologia desse estudo, preservando a linguagem oral e escrita dos estudantes. Além disso, fizemos uso de alguns ícones: as reticências, por exemplo, são para indicar que o sujeito não continuou sua fala durante a discussão; as pausas evidenciadas em alguns enunciados, foram expressas literalmente entre parênteses.

Quadro 9: Transcrição de um trecho da aula referente ao levantamento das concepções prévias dos alunos.

Turno	Sujeitos	Transcrição	Episódio
1	PROFESSORA	Então pessoal, vamos discutir? Todos já responderam? Que procedimentos vocês tomariam para resolver o caso?	3
2	A3	Bom! primeiro eu iria pegar as cápsulas das munições que tivessem no local, e veria qual o tópico de série, para ver qual a arma utilizada no crime e que estaria ligada totalmente com o dono da arma, já que ele seria praticamente o assassino.	
3	PROFESSORA	Quem mais quer falar?	
4	A4	É (pausa), primeiro analisaria o histórico de cada um dos suspeitos e verificaria com a vizinhança se eles viram alguma movimentação estranha de alguém conhecido ou desconhecido pelo local.	
5	A5	Primeiro iria falar com familiares e pessoas próximas, depois ia procurar falar com todos que não tivesse álibi para a hora do crime e, depois com os principais perfis, fazer exames para encontrar resquícios de arma de fogo.	
6	A6	Procurar se havia sinais de arrombamento nas portas, porque se não houver é porque alguém tinha as chaves ou acesso a casa.	
7	A7	Ver se alguém na família tinha porte de arma ou sabia manusear.	
8	A8	Selecionaria amostras, objetos que puderam ser tocados, de maneira a analisar os melhores indicadores das circunstâncias que estão presentes nas mãos dos seres	

		humanos, eh(pausa) comparar os resultados da amostra, verificaria semelhança das marcas das mãos dos objetos com as marcas dos suspeitos.	
9	A7	Só pra completar que A8 falou objetos, mas na mulher teve sinais que ela se defendeu, então provavelmente ...	
10	PROFESSORA	Mais alguém quer falar?	
11	ALUNOS	DNA dos suspeitos	
12	A5	Se provavelmente teve essa briga com a mulher tentando se defender, provavelmente teve bate boca, e quando ocorre bate boca, saliva sai, então provavelmente ia encontrar mesmo	
13	PROFESSORA	Mais alguém?	
14	A9	Cabelo também, cabelo! E a roupa, acho que quando o sangue jorrou pode ter ficado na roupa do suspeito.	
15	PROFESSORA	Mais alguém?	
16	A10	Faria a coleta de sangue do assassinado, porque se houve briga, provavelmente quem agrediu pode ter se cortado também, o DNA pode ajudar...	
17	A7	E observar a intensidade do crime também, né? Se foi muito violento porque a pessoa tinha muito ódio, tava com muita raiva, tem que ver.	
18	A8	...	
19	PROFESSORA	Tá, então, diante de tudo isso que vocês falaram, vocês consideram que a Química pode ajudar a resolver esse caso?	
20	ALUNOS	Sim, pode!	
21	A11	Na análise dos projéteis usados na arma, na análise do DNA, na descoberta de sangue se foi só da vítima ou se teve do agressor também, digitais, que eu sempre assisto essas coisas, quando eles jogam um pozinho pra ver se tem algum sangue no lugar, o pozinho pra achar as digitais, tudo isso é química que ajuda a resolver.	
22	PROFESSORA	Tá! Então pessoal, vocês sabem como é feita uma investigação policial? A investigação policial, quando se relaciona a homicídios, principalmente homicídios por arma de fogo, ela é dividida em investigação preliminar e investigação de seguimento. A investigação preliminar vai corresponder aos	

		seguientes passos: a chegada da polícia no local do crime, isolamento da área do crime, a busca por possíveis suspeitos perto do local do crime. Quando nenhum desses passos dá certo, aí entra a investigação de seguimento. Na investigação de seguimento há o arrolamento de testemunhas, há uma investigação da vida de possíveis suspeitos. Nessa etapa a polícia vai começar a levantar hipóteses para o possível assassinato, né? Então como é que a ciência poderia ajudar nisso? Vocês mesmos já responderam essa pergunta, lá no início. A ciência forense, vocês sabem definir o que é ciência forense?	
--	--	--	--

Considerando o uso do padrão de Toulmin (2006), com o objetivo de verificarmos a estrutura e qualidade dos argumentos apresentados pelos discentes ao longo da sequência, observa-se que, nesse excerto de discussão na fase inicial da SEI, aparecem nos enunciados de alguns alunos pontos de vista justificados, os quais se constituem em argumentos.

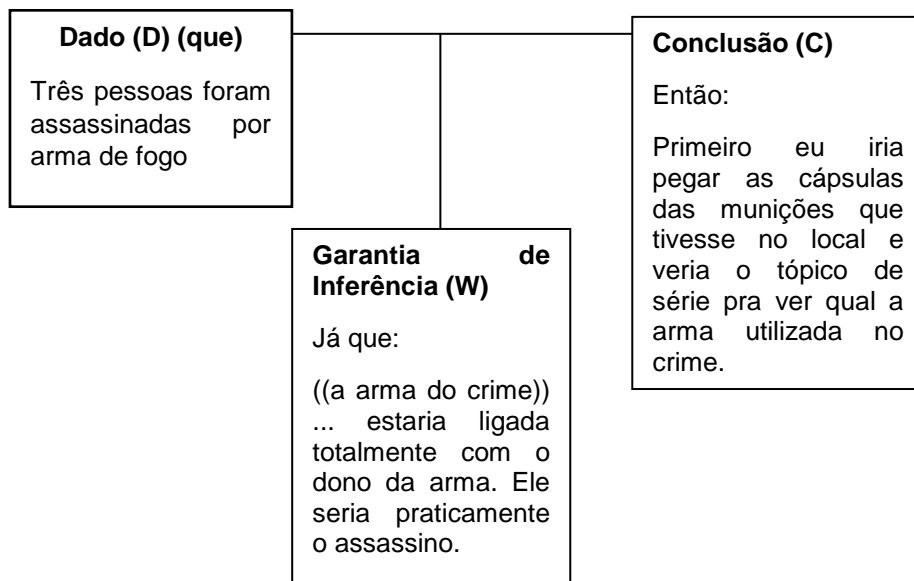
O estudante A3, por exemplo, informou que recolheria as cápsulas de munições utilizadas no crime e dispostas no local com o objetivo de conferir o número de série da arma e chegar ao possível dono da mesma, o qual seria o principal suspeito. Com relação à estrutura do enunciado de A3, temos um argumento composto por dados implícitos, conclusão e garantia de inferência.

A conclusão corresponde ao procedimento que tomaria para chegar ao suspeito do crime (o recolhimento das cápsulas de munições para análise) e, a garantia de inferência, que dá suporte a tal conclusão, corresponde à ideia de que o dono da arma seria, praticamente, o assassino.

Com relação ao dado, no argumento de A3, elemento que não aparece explicitamente na fala do aluno, podemos considerar que se trata do caso do assassinato em si mesmo, ou seja a morte de três pessoas por arma de fogo. Trata-se, portanto, de um dado implícito, o qual não aparece na resposta do aluno, mas no caso a que se refere à questão proposta.

Vejamos, a seguir, o argumento do participante A3 (Figura 5):

Figura 5: Esquema dos elementos presentes no argumento do aluno A3.



Apesar de A3 não conseguir explicar corretamente a sua ideia, uma vez que as cápsulas de munições não apresentam o número de série da arma que as deflagrou, o enunciado do aluno apontou para uma possível análise balística, considerando que, em crimes que envolvem disparos de armas de fogo, a munição é a principal prova a ser estudada, ou seja, a partir da análise dos projéteis encontrados nas vítimas e no local do crime, seria possível ter uma ideia do tipo de arma que efetuou o disparo.

Entretanto, a professora considerou continuar ouvindo as respostas dos demais participantes e, posteriormente, ao final da discussão, explicou o que vinha a ser balística e o porquê dessa técnica de investigação da Ciência Forense desempenhar um papel tão importante em casos como o citado no vídeo. Além disso, discutiu como são realizados os confrontos balísticos e a análise dos resíduos provenientes do disparo.

Observa-se, a partir da fala dos estudantes, que esses demonstraram ter algum conhecimento sobre como funciona uma investigação policial em casos que envolvem crimes por arma de fogo, sendo que alguns explicitaram que tinham como referência algumas séries policiais.

Mediante tal fato e considerando que já estava previsto no roteiro da sequência uma discussão sobre como funciona uma investigação de homicídio, a

professora aproveita a fala do sujeito A11 e, no turno 22 (Quadro 9), inicia uma exposição sobre os passos adotados pela polícia científica na elucidação desse tipo de crime.

Em sua exposição, a professora informa que, em casos de investigações que envolvem homicídios, as ações para elucidação podem ser divididas em duas etapas: investigação preliminar e investigação de seguimento.

A etapa preliminar corresponde: 1- à chegada da polícia ao local do crime; 2- ao isolamento da área em que ocorreu o homicídio; 3- à realização de “buscas” nos locais próximos ao ocorrido na tentativa de capturar possíveis culpados; 4- ao arrolamento de testemunhas presenciais e circunstanciais do fato; 5- e ao acompanhamento de todas as perícias científicas realizadas no local do crime e corpos das vítimas (ZILL; VARGAS, 2013).

A etapa de seguimento ocorre quando todos os passos citados acima não levam ao culpado pelo crime. Na investigação de seguimento, que de acordo com Zill e Vargas (2013, p.626), correspondem “as ações investigativas prescritas pelo instrumento do inquérito policial propriamente dito” a polícia já consegue levantar hipóteses sobre a identidade do (s) suspeito (s) e possível motivação do crime.

Considerando a estrutura dos argumentos, notamos que alguns alunos tiveram a iniciativa de trazer elementos justificatórios para suas conclusões, ainda que a questão inicial não explicitasse se eles deveriam justificar ou não seus pontos de vista, enquanto outros apresentavam apenas conclusões sem a preocupação de embasá-las.

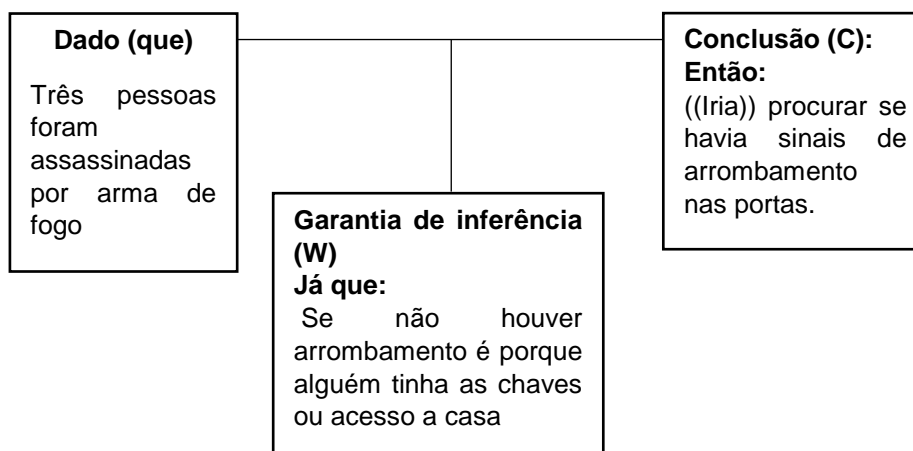
Nessa perspectiva, temos algumas respostas que correspondem a argumentos compostos por conclusões e garantias de inferência (com dado implícito), a exemplo do que foi apresentado por A3 no turno 2, e outras que não se constituíram em argumentos, por não apresentarem justificativas para as conclusões apresentadas.

No turno 6, o aluno A6 apresenta argumento composto por conclusão e garantia de inferência:

“Procurar se havia sinais de arrombamento nas portas, porque se não houver é porque alguém tinha as chaves ou acesso a casa (A6) ”.

Vejamos o argumento de A6 exposto na estrutura apresentada na Figura 6:

Figura 6: Esquema dos elementos presentes no argumento do aluno A6.



No turno 5, o aluno A5 apresenta apenas conclusão, de modo que o enunciado correspondente à sua resposta não se constitui em um argumento.

“Primeiro iria falar com familiares e pessoas próximas, depois ia procurar falar com todos que não tivesse álibi para a hora do crime e, depois com os principais perfis, fazer exames para encontrar resquícios de arma de fogo (A5) ”.

O mesmo ocorre com os sujeitos nos turnos 4, 7 e 17. Nota-se que esses estudantes não tiveram a iniciativa de trazer elementos que justificassem as respostas apresentadas. Na análise das respostas desses alunos, não conseguimos identificar premissas que pudessem sustentar as suas conclusões.

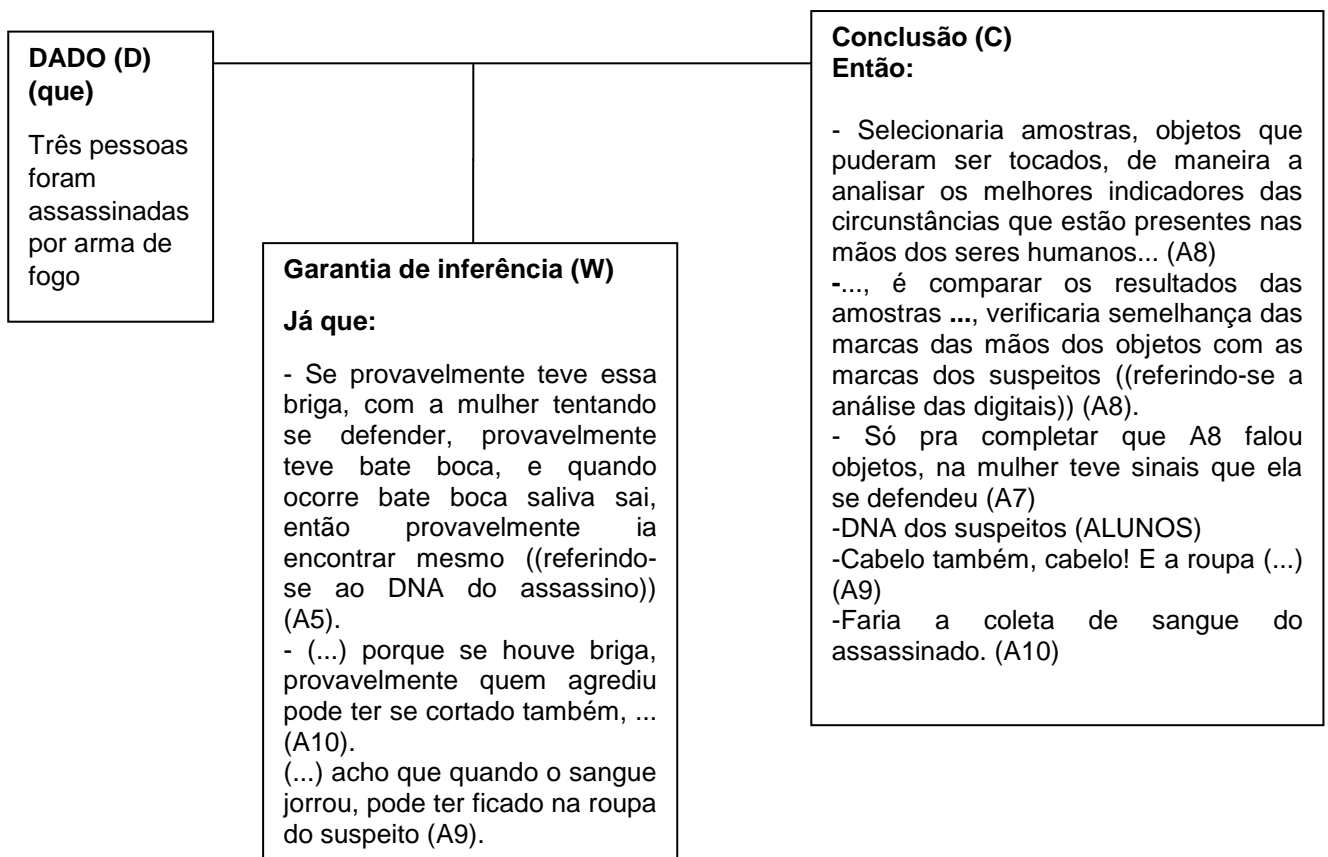
Considerando-se que a questão colocada pela professora passou a ser discutida por toda a turma, observa-se no discurso dos alunos, que um sempre buscava formas de complementar à fala do outro. Tal fato originou a produção conjunta de argumentos, tendo em vista que diferentes alunos contribuíram para uma única estrutura argumentativa, fornecendo informações que se constituíam em diferentes elementos para tal estrutura.

Assim, além dos argumentos que se apresentavam nos enunciados individuais, verificamos aqueles que foram estruturados por meio dos enunciados de vários alunos. Nessa perspectiva, considerando-se as falas dos sujeitos do turno 8 ao turno 16, nota-se a construção conjunta de argumentos.

Nesse caso, estamos considerando toda a situação argumentativa, e não apenas o argumento produzido individualmente. Desenvolvendo a análise por meio do modelo de Toulmin (2006), é possível identificar no argumento produzido para essa situação, a presença de elementos como dados e garantias de inferência como suporte para a conclusão apresentada pelos estudantes.

Observa-se, a partir das respostas dos alunos, que a principal ideia defendida era a de que o exame de DNA e a análise de digitais no local poderiam ajudar a polícia a chegar ao responsável pelo crime, como mostra o esquema da Figura 7.

Figura 7: Construção conjunta de argumentos pelos alunos A5, A7, A8, A9 e A10.



Ao considerar que uma das vítimas do crime abordado no primeiro vídeo, ao buscar se defender, teve contato físico com o assassino, o sujeito A8 conclui que selecionar objetos que pudessem ter sido tocados no momento da briga possibilitaria a análise de impressão digital para chegar ao principal suspeito. Essa análise é utilizada como uma garantia de inferência para justificar o argumento de A8. Já A5 e

A10, para complementar o argumento de A8 fazem uso, como garantia de inferência para a conclusão, da ideia de que o DNA poderia auxiliar a elucidar tal caso.

Consideramos que seria oportuno investigar se, no discurso apresentado pelos alunos, nos momentos das discussões e nas respostas escritas atribuídas à questão “Supondo que vocês sejam policiais e devam investigar o caso mostrado no vídeo, que procedimentos tomariam? Elenquem e descrevam cada um deles”, conseguiríamos identificar alguma das duas etapas de investigação de homicídio, discutidas acima, mesmo antes deles terem acesso a tais informações.

Vejamos, no Quadro 10, as respostas escritas apresentadas por alguns estudantes.

Quadro 10: Respostas escritas dos estudantes a questão 1 da SEI.

Participante	Resposta	Etapas de investigação envolvida
A5	Colher as evidências, como ver se havia sinal de arrombamento, cabelos (para teste de DNA), digitais, ver se havia pele nas unhas de Marli. Colher depoimento das pessoas próximas como família, amigos e vizinhos, para assim listar suspeitos. Ver se havia câmeras, se sim, analisar as imagens. A partir dos depoimentos saber onde cada pessoa estava e a roupa usada na hora do assassinato, para verificar se havia rastro de sangue e pólvora. Analisar as cápsulas das balas e saber se alguém próximo tem arma que coincida.	Preliminar (realização de perícias no local e objetos relacionados ao crime e busca por possíveis testemunhas)
A6	1º Falar com familiares e pessoas próximas; 2º Procurar falar com todos que não tivesse halibe para a hora do crime; 3º Com os principais perfis, fazer exames p/ encontrar resquícios de arma de fogo (pólvora).	Preliminar (realização de perícias no local e objetos relacionados ao crime e busca por possíveis testemunhas)
A9	Primeiramente procura as digitais ou procura a forma de que o assassino entrou na casa e se as portas e janelas foram forçadas ou não. Posteriormente procura se o assassino deixou pegada ou digitais e após essa etapa perguntar ao vizinho se viram pessoa estranha ou suspeita na região e consequentemente procura por câmera que possa ajudar nas investigações.	Preliminar (realização de perícias no local e objetos relacionados ao crime e busca por possíveis testemunhas)
A10	Primeiro iria atrás de mais informações, como quais os lugares onde as vítimas estavam antes de se encontrarem em casa, principalmente com pessoas próximas, destacando aquelas com quais a	Preliminar (realização de perícias no local e objetos relacionados ao crime e busca por possíveis

	família estava tendo um desentendimento. Procuraria vestígios de terras em caso houvesse pegadas no momento do crime, marcas de digitais nas maçanetas das portas etc.	testemunhas)
A17	Averiguar o local, buscando quer pista (digitais) principalmente na avó que tinha traços de defesa, objetos, fragmentos, tudo. Procurar sinais de arrombamento. Observar a agressividade do crime, sendo bastante brutal ou não. Listar suspeitos, pessoas que tenham algum tipo de atrito com a família. Averiguar as balas usadas, de que arma veio, buscar pessoas que portem armas parecidas.	Preliminar (realização de perícias no local e objetos relacionados ao crime e busca por possíveis testemunhas)

As respostas do questionário inicial mostram que os 17 estudantes possuíam algum conhecimento sobre esses tipos de investigação, ao citar etapas da perícia científica na cena do crime, tipo: as buscas por digitais, motivo das mortes, coleta e análise de sangue, levantamento do histórico de vida das vítimas (relação com a família e pessoas próximas), análise das munições utilizadas no crime. São fatos indícios de que os estudantes possuíam alguma noção de como são realizadas investigações desses tipos de homicídios.

Por conseguinte, tais respostas, enfatizam aspectos científicos presentes em algumas das etapas de investigação. Tal fato justifica a resposta dos estudantes ao segundo item do questionário, as quais concordam que a Química poderia auxiliar na resolução do caso exibido no vídeo.

Dessa forma, também realizamos uma análise dos argumentos escritos pelos discentes. Ressalte-se que, dos 23 participantes, apenas 17 responderam às questões propostas no roteiro da SEI. Nosso objetivo, nesse momento, era o de analisar a estrutura dos argumentos escritos produzidos pelos alunos, de acordo com o padrão de argumento proposto por Toulmin (2006), e observar se estes conteriam mais elementos que aqueles verbalizados durante as discussões.

O Quadro 11, a seguir, apresenta uma análise dos argumentos escritos elaborados pelos alunos para a questão 1 da SEI (a questão analisada “ Supondo que vocês sejam policiais e devam investigar o caso mostrado no vídeo, que procedimentos tomariam? Elenquem e descreva cada um deles. Encontra-se disposta no Quadro 8).

Quadro 11: Análise dos argumentos escritos.

Exemplos dos Argumentos escritos	Elementos do TAP presentes	Total de respostas com estrutura semelhante
A1: “Inicialmente seria aberto um inquérito policial a fim de apurar melhor os fatos na cena do crime. Abordar todos os possíveis suspeitos para aferir o máximo de informação sobre o caso. Então realizar coleta de sangue do cadáver, verificar se existe outro tipo de sangue no local, se houve briga, entre outras averiguações”.	Garantia de inferência (W) e Conclusão (C).	6 (A1, A5, A7, A14, A15, A16)
A2: “Iria tomar conhecimento do caso, para a partir disso tentar buscar das evidências ou provas do fato ocorrido. Como foi mostrado no vídeo, no local do ocorrido foi tirado fotos, feito análises da cena que ocorreu, para a partir disso tirar as conclusões sobre o caso. Analisando através de sangue, objetos; os fatos que o meio está envolvido”.	Dado (D), e Conclusão (C).	Apenas o citado
A3: “Recolher os depoimentos de todos os familiares, vizinhos e amigos investigando os últimos passos das vítimas e telefonemas. Após recolher impressão digital e ter feito toda a análise da cena do crime”.	Conclusão (C).	10 (A3, A4, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A17)

Legenda: Dado (D) em verde; Conclusão (C) em vermelho; Garantia de inferência (W) em azul.

Dos 17 textos escritos e analisados, observamos que em 10 havia apenas conclusão (que não se constituem em argumento), 6 contavam com garantia de inferência e conclusão e apenas um aluno fez uso de dados empíricos buscando sustentar seu ponto de vista, o que também não se constitui em argumento. Ressaltamos, todavia, que para todos eles podemos considerar a existência de um dado implícito, o qual corresponde ao fato do assassinato em si mesmo.

Quanto à análise das respostas que não se constituem em um argumento, podemos dizer que isso pode representar uma tendência de os alunos não se preocuparem em justificar seus pontos de vista, ou seja, de agregarem elementos justificatórios às suas conclusões. Sendo assim, nessa fase inicial da SEI foi possível verificar o que os alunos sabiam sobre o conteúdo temático, bem como a suas tendências de apresentar ou não pontos de vista justificados.

Posteriormente à discussão apresentada no Quadro 9, os estudantes assistiram a um outro vídeo, cujo teor referia-se à resolução do caso de homicídio abordado no primeiro. Foi solicitado que, nesse momento, os alunos prestassem atenção em todas as etapas de investigação adotada pela polícia na resolução dos

crimes (já que foram três assassinatos por arma de fogo), e apontassem se a Ciência Forense contribuiu na busca pelo culpado. Todos conseguiram identificar que, de fato, alguns conhecimentos da ciência forense foram adotados na investigação dos homicídios abordados no vídeo, especialmente nas análises balísticas realizadas nas armas de fogo de um dos suspeitos. Os estudantes, a todo momento, destacavam algum aspecto da ciência envolvido na elucidação do crime além de citarem as etapas de investigação discutidas anteriormente.

Em seguida, a professora trabalhou com a turma o texto “Química Forense: Utilizando Métodos a Favor do Judiciário”, a fim de discutir sobre como os conhecimentos científicos passaram a auxiliar em questões judiciais. O intuito, nessa etapa, foi o de introduzir alguns conceitos, como também informar aos estudantes que o avanço da ciência trouxe contribuições importantes para a justiça na elucidação de crimes.

4.2 - O trabalho com a atividade investigativa e análise das práticas epistêmicas

Como discutido no primeiro capítulo desta pesquisa, as práticas epistêmicas são definidas como atividades sociais envolvidas na produção, avaliação e comunicação do conhecimento, podendo ser estudadas em situação de investigação durante as aulas (KELLY, 2005). No entanto, para que sejam identificadas práticas epistêmicas em aulas de ciências, é necessário investigar o discurso dos alunos quando envolvidos numa atividade investigativa.

Silva (2015, p.72), ao falar sobre as pesquisas que buscam compreender como o discurso científico é incorporado e expresso pelos alunos quando envolvidos em atividades investigativas, ressalta que estas focalizam o “processo de construção e justificação dos saberes *in situ*, em que os alunos produzem e validam, por meio de um movimento argumentativo, os saberes em suas investigações escolares”.

O estudo de práticas epistêmicas possibilita a compreensão de como as atividades investigativas permitem a apropriação de conhecimentos científicos e o engajamento nas práticas discursivas da ciência. Entretanto, é necessário considerar que não se observam práticas epistêmicas, de forma expressiva, em aulas pouco produtivas e sem espaço para discussão (ARAÚJO, 2008).

Justificamos a escolha dessa etapa da SEI para analisar as práticas epistêmicas, por se tratar do momento no qual os estudantes teriam que apresentar uma maior autonomia para desenvolver a atividade proposta. Apesar da sequência aqui analisada possuir um caráter investigativo, de ter trazido uma questão de pesquisa a ser resolvida e ter sido trabalhado todo um conhecimento teórico como base para que os estudantes elaborassem e desenvolvessem uma investigação, verificamos que, durante essa etapa, eles não foram tão ativos, apresentando pouca iniciativa, no sentido de propor procedimentos, levantar hipóteses, coletar dados, analisar esses dados e fazer uma correlação com o conhecimento químico até chegar à resolução do caso.

Ao observar as ações desenvolvidas pelos estudantes nessa etapa da SEI, verifica-se a ocorrência de práticas epistêmicas relacionadas à produção do conhecimento, considerando o conjunto de categorias elaboradas por Jiménez-Aleixandre *et al* (2008) e adaptadas por Silva (2015).

Toda a discussão anteriormente realizada sobre como é feita uma investigação de homicídio, ciência e técnicas forense e suas contribuições para a sociedade, dentre outros conteúdos, serviu como suporte para que a pesquisadora conseguisse engajar os estudantes nas discussões posteriores e investir de forma nítida no desenvolvimento inicial da atividade investigativa. Ressalta-se que a atividade proposta aos estudantes nessa etapa da SEI encontra-se descrita no Quadro 5, apresentado no capítulo 3 que trata da metodologia de pesquisa adotada nesse estudo.

A questão utilizada na atividade investigativa resultava de uma história fictícia de assalto que culminou na morte de uma vítima. Os estudantes foram convidados a solucionar tal caso, fazendo uso de alguns dados fornecidos pela pesquisadora e de alguns conhecimentos de Química que eles deveriam possuir para aquela etapa do curso. O questionamento realizado pela professora, logo após a apresentação da atividade que trazia uma história fictícia de assassinato por disparo de arma de fogo, foi a seguinte: Você seria capaz de elaborar algum esquema procedimental, considerando os conhecimentos da Química, para chegar até o suspeito? Discuta.

Após solicitar dos alunos a elaboração de um roteiro experimental, a pesquisadora inicia uma discussão na aula, com o intuito de saber quais os procedimentos que eles executariam e se fariam uso de conhecimentos científicos na resolução do caso. Observando as respostas dadas para a questão acima, nota-

se que os estudantes já conseguiam elencar alguns procedimentos da ciência forense para resolver o caso, mas não conseguiam elaborar um procedimento objetivo, com etapas nítidas que os auxiliassem a chegar ao culpado pelo crime. Vejamos alguns exemplos:

“Recolheria os vestígios e faria uma análise através do procedimento de solubilidade dos metais através da pólvora que poderia ter da arma p/ apartir disso saber qual foi o tipo de material envolvido, para poder comparar depois com os dados (A2) ”.

“Sim, em algumas reações com o chumbo (Pb) há mudanças características de cor. Isto seria possível após o estudo balístico para saber qual projétil deveria ser analisado, tomando como base a ideia de que fragmentos do material também fossem encontrados nas vestes dos suspeitos. Analisar os resquícios da bala no corpo de José e nas vestes e no corpo dos suspeitos (A7) ”.

“Procuraria as roupas utilizadas no momento dos disparos e começaria a procurar por resquício de pólvora com a utilização de substâncias que reagem com a pólvora e que seja perceptível (A17) ”.

Observando que, durante a discussão realizada após os estudantes planejarem seus procedimentos, todos apontavam para a análise de resquícios de pólvora nos suspeitos, a professora explicitou como funciona o mecanismo de disparo de uma arma de fogo, dando ênfase ao processo de expansão dos gases que ocorre no interior da arma, quando esta tem seu gatilho acionado, responsável por expelir o projétil e pela liberação de vestígios de gases, como CO_2 e SO_2 , e outros resíduos (compostos inorgânicos como partículas de chumbo, nitrito, dentre outros). Além disso, destacou que o procedimento adotado pela perícia científica consiste na detecção de fragmentos de chumbo nas mãos dos suspeitos.

Após explanação sobre o funcionamento de armas de fogo, a professora solicitou que os estudantes, se organizassem em três equipes e pesquisassem na internet uma forma de identificar vestígios de disparo a partir de exame residuográfico e que os eles elaborassem, em seguida, um roteiro experimental mostrando como procederiam para identificar possíveis resíduos de chumbo nas amostras de tecidos (representando as vestimentas utilizadas pelos suspeitos no momento do crime) que haviam sido disponibilizadas para essa atividade, estando cada uma com o nome do respectivo suspeito. Além disso, foram disponibilizados para as equipes alguns materiais necessários para elaboração das análises, durante

suas investigações, tais como: pissetas contendo água destilada, solução de rodizonato de sódio a 0,2%, pipetas, fita adesiva, vidro relógio, pinças e papel filtro.

O trabalho de pesquisar e elaborar o roteiro experimental foi realizado em grupos, sendo que uma das pesquisadoras responsável pela elaboração da SEI (aqui denominada como PROF2), que também acompanhava o desenvolvimento da sequência, acompanhou alguns grupos durante a elaboração dos roteiros, buscando sempre instigá-los a explicitar as concepções que davam sustento aos procedimentos planejados. Em um desses grupos, observamos que houve uma discussão maior entre a professora e os participantes. Ao constatar tal fato, buscamos identificar como essa discussão contribuiu na elaboração do roteiro experimental que os estudantes deveriam desenvolver nessa etapa da SEI. Vejamos no Quadro 12 a transcrição, referente ao episódio 6, do grupo 2.

Quadro 12: Discussão da professora com o grupo 2 durante a atividade investigativa.

Turno	Sujeito	Transcrição	Práticas epistêmicas específicas
1	PROF 2	Qual o procedimento? O que vocês planejaram fazer?	- Planejando ações
2	A8	Então o procedimento é o seguinte: coleta de chumbo, primeiramente....	
3	PROF 2	Pode falar, fique à vontade.	
4	A8	Não, então é isso, a gente fez esse esqueminha aqui com a fita adesiva, pra não precisar tá segurando a todo momento, né? É com o papel que seria umedecido e colocar sobre os tecidos, a partir disto...	
5	PROF 2	E pra quê você tem que umedecer o papel?	-Articulando conhecimentos técnicos e conceituais entre si.
6	A 8	Pra os componentes se solubilizarem na água e no papel.	
7	PROF 2	Papel filtro?	
8	A8	Papel de filtro, isso exatamente! E aí, após feito isso, esperar um tempo, né, determinado pra cada um, que tem que ser o mesmo e depois, a gente vai gotejar a solução do reagente que vai fazer a indicação do composto que vai estar presente no tecido ou não.	
9	PROF 2	Vocês já fizeram isso?	
10	A8	Não, ainda não.	
11	PROF 2	Vocês tão planejando ainda?	
12	A8	Exatamente.	
13	PROF 2	Vocês já organizaram o que vai	

		fazer?	
14	A8	Sim.	
15	PROF 2	Vocês umedeceram o papel?	
16	A8	Sim, já fez para os três.	
17	PROF 2	Vocês prepararam pra fazer o teste?	
18	A8	Sim, gotejar o reagente ainda.	
19	PROF 2	Você ainda não fez?	
20	A8	Gotejar o reagente, ainda não.	
21	PROF 2	Tá, um pouquinho assim, só para entender, parece igual, mas ele fica diferente (referindo-se ao tecido). No caso de vocês, vocês estão tentando fazer ao mesmo tempo?	
22	A8	Exatamente.	
23	PROF 2	Por quê?	
24	A8	Porque, tipo, a depender do tempo que fique aqui, solubilize uma determinada quantidade de material, ou não. Então, tem que ser o mesmo tempo pra todos, pra saber se as quantidades são exatamente as mesmas, não porque, tipo..., não dá pra ser exato.	
25	A14	Não é isso não A8. Vai fazer uma reação é porque a gente tá buscando chumbo, aí vai reagir, algum indício (pausa), como a gente tá buscando indícios de chumbo, alguma reação, esse reagente vai reagir em conjunto, e ele vai apresentar alguma coisa, a gente não sabe o que vai ser apresentado, é provavelmente isso.	
26	PROF 2	Provavelmente o quê?	
27	A14	A mudança de coloração.	
28	PROF 2	A mudança de coloração, certo!	
29	A14	Não mas falou de solubilidade! (referindo-se a A8)	
30	A8	Não é solubilidade é reagir.	
31	ALUNOS	(Ocorre uma discussão entre os membros do grupo)	
32	PROF 2	Não, entendi! Entendi, tá certo. Qual a finalidade de solubilizar?	
33	A8	Então, é fazer com que o material presente no tecido passe para o papel filtro, que a gente quer analisar a partir do reagente.	
34	PROF 2	Que material é esse?	
35	A8	O material é íons de chumbo que pode ter sido expelido pela arma, na mão ou no tecido do atirador.	
36	PROF 2	Interessante que vocês colocaram ao mesmo tempo, por que, então, vocês acham que	
			-Articulando conhecimentos

		pode ter chumbo em mais de uma amostra? Mais de uma roupa?	técnicos e conceituais entre si.
37	A8	Pode ter. Se tiver em mais de uma roupa, o parâmetro que vai ser utilizado, vai ser o seguinte: a roupa que tiver mais, vai ser a roupa do atirador. Entendeu? E o que tiver menos, pode ter sido alguém próximo a ele.	
38	PROF 2	E assim, bacana isso, gostei. Porque se tiver em mais de uma vocês já tem um parâmetro de fazer a diferenciação ((entre as roupas)). E aí, provavelmente, vai ter uma mudança de cor. Por que essa mudança de cor?	
39	A14	Por causa da reação desse reagente aí com o chumbo.	
40	PROF 2	E vocês sabem que cor seria?	
41	A14	Avermelhado.	
42	PROF 2	Avermelhado. Graças a quem?	
43	A 14	A formação de um complexo	
44	PROF 2	E o que é um complexo?	
45	A 20	Ah, complexo é complexo o complexo!	
46	A8	Complexo é, não necessariamente uma ligação feita entre os átomos, é uma, uma (pausa) ... como é que vou dizer? É uma interação eletrostática entre os constituintes.	
47	A14	Nesse caso vai ser uma ligação iônica.	
48	A8	É. com o íon chumbo.	
49	A14	Do rodizonato com o chumbo, é ele vai formar um complexo.	
50	A8	Exatamente. Com o chumbo dois mais ((+2)), né?	
51	PROF 2	Vocês estão tendo cuidado, né?	
52	A21	Já que tem que ser minucioso nessa questão do chumbo, vocês têm que pegar, por exemplo, com coisas que não contamine aquele tecido, por exemplo, óleo das mãos né? Alguns materiais que pode ta aqui na bancada, de alguma reação que foi feita antes da gente, e por mais que limpe, né? Tem algumas coisas que ficam ali impregnadas.	

As transcrições acima (Quadro12) possibilitam identificar que as práticas epistêmicas observadas estão relacionadas as instâncias sociais de “produção”, conforme descrito por Silva (2015), ao considerar o trabalho de Jiménez-Aleixandre

(2008) e descrever algumas categorias de práticas epistêmicas, tendo em vista as ações desenvolvidas por alunos ao longo de uma atividade investigativa. Em relação à elaboração de um roteiro experimental, solicitado nessa etapa da sequência, quando o grupo 2 é questionado sobre isso, o aluno A8, no turno 2, responde que eles iriam realizar a coleta de chumbo e, posteriormente, explica como essa coleta seria feita.

Observa-se, a partir da fala de A8, a preocupação e o cuidado do grupo ao elaborar estratégias para a coleta de dados, explicando um esquema envolvendo o uso de fita adesiva para obter possíveis vestígios de chumbo dos tecidos. O plano, elaborado pela equipe, consistia em retirar possíveis fragmentos de chumbo dos tecidos utilizando uma fita adesiva e papel de filtro. Para facilitar a coleta do material, os estudantes elaboraram um esquema, citado por A8 no turno 4, no qual eles colaram pedaços do papel filtro em três fitas adesivas (cada um para uma amostra de tecido) e umedeceram esses papéis com água destilada. Após essas fitas seriam fixadas, ao mesmo tempo, nas amostras dos tecidos, posteriormente, seriam retiradas e transferidas para um vidro relógio e, nos papéis, seria borrifada a solução de rodizonato de sódio a 0,2%. A presença de possíveis vestígios de chumbo, poderia ser evidenciada por uma mudança de coloração no papel filtro (com a formação de pequenos pontos avermelhados).

Quando questionados sobre o porquê da necessidade de umedecer o papel antes da coleta, o aluno A8, no turno 6, responde que isso seria para que os componentes (referindo-se ao chumbo) se solubilizassem na água e no papel. Podemos constatar, nesse turno de fala, por exemplo, uma articulação entre conhecimento técnico e conceitual na execução da ação do aluno, o mesmo faz uso de conceitos científicos, como solubilidade, como forma de explicitar a necessidade de umedecer o papel de filtro para proceder na coleta.

Posteriormente, no turno 25, o aluno A14 discorda da questão de solubilidade apresentada por A8, ao enfatizar que a preocupação do grupo, no momento, seria analisar possíveis indícios de chumbo nas três amostras de tecido e, portanto, a questão não deveria ser de solubilizar e sim reagir. Entretanto, ao ser questionado pela professora acerca da finalidade de solubilizar, A8 responde que o objetivo seria o de fazer com que o material presente nos tecidos (referindo-se a possíveis vestígios de chumbo) ficasse retido no papel de filtro e, assim eles pudessem proceder com a análise.

Outro ponto que consideramos interessante destacar, pode ser observado nos turnos que vão do 21 ao 38, quando os alunos consideram a possibilidade de mais de uma amostra de tecido apresentar vestígios de chumbo. Dessa forma, eles justificam a necessidade de realizar a análise nas três amostras ao mesmo tempo e, caso o resultado fosse o mesmo para as três (as três ficassem com a coloração rósea), eles utilizariam como parâmetro para identificar o principal suspeito do crime o papel de filtro que apresentasse uma coloração mais extensa e intensa após ser impregnado pela solução (referindo-se ao papel que apresentasse uma concentração maior de chumbo). Ressalte-se que, apesar de esta não ter sido uma questão considerada na elaboração da SEI (o fato de contaminar as três amostras de tecido e deixar os alunos pensarem em algum parâmetro de diferenciação), os estudantes tiveram essa iniciativa, ao considerar tal fato, na elaboração dos procedimentos.

Entre os turnos 5 e 50, é importante atentarmos para o papel desenvolvido pela docente durante as intervenções realizadas nos grupos. Ao analisarmos a discussão realizada no grupo 2, apresentada no Quadro 12 acima, nota-se que a professora buscou explicitar aspectos fundamentais para que os discentes elaborassem um texto argumentativo mais completo no momento de informar quem é o principal suspeito da morte do segurança. Nesse sentido, as intervenções da professora acabam por fazer com que sejam explicitadas as concepções que podem vir a compor um argumento consistente referente à questão sobre quem teria cometido o crime.

Mediante o exposto, consideramos oportuno investigar os textos escritos elaborados pelos grupos, após a discussão apresentada no Quadro 12, referente a questão que solicitava o seguinte: Elabore e desenvolva com seu grupo um plano para identificar o culpado pela morte do segurança, considerando as roupas deixadas pelos bandidos em local próximo ao crime. Vocês receberão de sua professora pedaços de tecidos que representam partes da roupa de cada um dos fugitivos. Tais tecidos são as amostras a serem submetidas à análise. Descreva os materiais utilizados (reagentes e vidrarias), os procedimentos a serem adotados, os referenciais teóricos utilizados e as conclusões a que chegaram, justificando-as.

Destarte, compreender como a discussão da professora com os alunos, enfatizando aspectos que eles deveriam utilizar no momento de estruturar o texto

argumentativo, contribuiu para tal finalidade. Vejamos os textos elaborados pelos 3 grupos:

Colar um pedaço de fita no papel, umedecê-lo com água e aderi-lo ao tecido, esperar uns minutos e em seguida gotejar a solução de Rodizonato de sódio a 0,2%, se na reação formar bolinhas vermelhas no tecido, tem-se a presença chumbo nos tecidos (GRUPO 1).

Foram coletadas 3 amostras de tecidos, cada uma com a identificação do seu respectivo dono (suspeito). A fita adesiva será colada no papel filtro, que será umedecido e posto em cima do tecido, serão 3 papéis filtros, um para cada pedaço de tecido que pertence a cada um dos suspeitos, que no caso são 3. O papel filtro será borrifado com rodizonato de sódio 0,2% a amostra que ficar vermelha, o dono do tecido da amostra do papel filtro será o possível culpado, já que a amostra ficou vermelha pela presença de pólvora. A reação química envolvida no processo consiste na complexação de íons chumbo pelos íons rodizonato. O complexo resultante apresentará coloração avermelhada intensa, diferentemente da solução inicial, que apresentara coloração amarelada (GRUPO 2).

Fixou-se o papel filtro na fita adesiva. Molhou-se o papel filtro com água destilada. Colocou-se o papel filtro em contato com o tecido a ser analisado e esperou-se um tempo. Com o auxílio da pinça retirou-se o papel e colocou no vidro de relógio. Gotejou-se Rodizonato de sódio no papel filtro e verificou-se o que aconteceu (GRUPO 3).

Observamos que os participantes do grupo 2, tiveram todo um cuidado ao elaborar seus procedimentos de modo a identificar o principal suspeito do assassinato, por meio de conhecimentos da química. Tal fato pode ser justificado por conta das intervenções realizadas pela professora ao buscar que os participantes ficassem atentos a aspectos relevantes, a exemplo da descrição dos cuidados que eles deveriam tomar ao tentar coletar possíveis vestígios de chumbo nos elementos apresentados como provas do crime, na elaboração de seus textos.

Ressalta-se que o grupo, ao redigir o texto, cometeu um equívoco ao informar que “o dono do tecido da amostra do papel filtro será o possível culpado, já que a amostra ficou vermelha pela presença de pólvora”. A análise realizada consistia na identificação de íons ou fragmentos metálicos de chumbo, e não de pólvora, como citado pelos alunos.

Após todos os grupos terem elaborado, discutido e testado seus procedimentos experimentais e chegado ao principal suspeito do crime, a professora solicitou que eles respondessem aos questionamentos, mostrados a seguir, presentes no roteiro da sequência.

Quadro 13: Questionamentos após atividade investigativa.**Questionamentos:**

- 1- Considerando a investigação desenvolvida, quem é o principal suspeito da morte de José? Justifique.
- 2-O teste realizado pode ser utilizado para determinar qual dos três suspeitos foi responsável pela morte do segurança? Por quê?

Quanto às respostas obtidas para a primeira questão, referente a quem poderia ser considerado culpado no caso hipotético de assassinato trabalhado durante a atividade investigativa, os 23 participantes apontaram para apenas um suspeito, enfatizando a questão de ter sido encontrado vestígios de chumbo na amostra de tecido que correspondia a tal sujeito.

Ao analisarmos, por meio do TAP, as respostas escritas de 17 estudantes a tal questionamento, com objetivo de verificarmos a evolução desses argumentos no decorrer da SEI, consta-se que em 8 das respostas escritas, contamos com a presença de dados, garantias de inferência, conclusões e conhecimento de base de forma implícita, a exemplo do argumento elaborado por A16.

“Mateus. No teste realizado foi evidenciado uma coloração diferente no tecido de sua roupa. Ao serem borrifadas com o rodizonato de sódio 0,2 %, a amostra de tecido que apresentasse chumbo, mudaria a coloração da solução amarelada para avermelhada (A16) ”.

Do argumento apresentado por A16, depreende-se que o conhecimento de base aparece de forma implícita na resposta do aluno, ao explicitar que uma provável mudança de coloração no tecido seria resultante da reação entre o rodizonato de sódio com o chumbo. O estudante faz uso dos conhecimentos anteriormente enfatizados, na discussão entre alunos e professora (Quadro 12), na qual os próprios discentes citam que uma possível mudança de coloração, em uma das amostras de tecidos, seria resultado de uma reação química entre os íons chumbo com íons rodizonato, cujo resultado seria a formação de um complexo de coloração vermelha.

Diferentemente do argumento elaborado por A16, em 5 das respostas apresentadas pelos estudantes, a garantia de inferência apareceu de forma implícita, a exemplo dos sujeitos A9 e A17, sendo que em alguns enunciados proferidos pelos alunos não é possível a separação entre dados e garantias.

Observa-se que esses participantes não buscaram investir em uma argumentação com muitos detalhes. Tal fato pode ser novamente justificado pela discussão anterior, da professora com os alunos, a atividade investigativa (Quadro 12) em que estes investiram bastante na descrição do teste e dos conhecimentos químicos que sustentariam a indicação do suspeito pelo assassinato. De tal modo, possivelmente consideraram desnecessário recorrer novamente a tais conhecimentos quando elaboraram suas respostas.

“Mateus, por conta do teste realizado houve resquício de chumbo na veste do suspeito (A9) ”.

“Mateus. Porque a partir da análise nos tecidos dos suspeitos verificou-se que o tecido proveniente da roupa dele continha chumbo, pois reagiu com o Rodizonato de sódio 0,2% (A17) ”.

As respostas obtidas para as questões 1 e 2 apresentadas no Quadro 13, como também a própria atividade experimental desenvolvida, nos fez atentarmos para o fato de que a mesma não demandou uma discussão mais ampla que requeresse um processo argumentativo. Ao realizar o experimento e detectar chumbo em um dos tecidos o aluno já era levado a concluir quem seria o assassino, ou seja, a estrutura da atividade não gerava espaço adequado para debates e consequentemente para o desenvolvimento da argumentação referente à fase investigativa da sequência. Isso direcionou nosso olhar para a necessidade de ajustes na SEI, de modo a tornar mais complexa a identificação do assassino.

Quanto à segunda questão (Quadro 13), se o teste realizado poderia ser utilizado para determinar qual dos três suspeitos foi responsável pela morte do segurança, os 22 alunos assentiram que sim. Apenas um afirmou que não tinha como garantir a veracidade do teste, pois os vestígios de chumbo encontrado nas amostras de tecidos, que representavam as vestimentas do suspeito, poderiam estar associados a outras fontes de contaminação.

“Observando os resultados do exame observou que o Matheus é o principal suspeito de realizar o tiro, mas pelo esse exame não é 100% de certeza (A9) ”.

Após ouvir dos alunos as soluções a tais questionamentos, a professora explicou em que consistia o experimento realizado, conhecido como exame

residuográfico. Este consiste em um teste presuntivo utilizado pela polícia para identificação de possíveis vestígios de disparo de arma de fogo em um possível suspeito, ressaltando que não se tratava de uma prova definitiva, pois a simples constatação de fragmentos de chumbo no corpo de um suspeito não prova que os mesmos sejam provenientes de disparo de armas de fogo, de modo que, além desse teste outras análises químicas mais sofisticadas podem ser empregadas, e vários procedimentos de investigação são adotados para se chegar ao responsável por um crime.

No tocante às práticas epistêmicas, é possível verificar que, na questão 1(Quadro 13), elas aparecem no discurso dos alunos associadas à instância de avaliação do conhecimento, uma vez que as respostas finais à questão investigativa (conclusões) surgem justificadas, ou seja, os alunos justificam as próprias conclusões.

Nesse sentido, de acordo com o que discutimos em relação às práticas epistêmicas, verifica-se um maciço predomínio de práticas na instância de produção do conhecimento, já que houve um grande investimento dos alunos em planejar a própria investigação e promover seu desenvolvimento de modo a coletar os dados necessários para responder à questão investigativa. Todavia, os dados obtidos não fomentaram tratamento ou pontos de vista controversos que resultassem em negociações de explicações, de modo que a instância de comunicação do conhecimento não foi verificada. Por fim, a instância de avaliação do conhecimento aparece de forma bastante discreta quando os alunos justificam as conclusões obtidas.

4.3- Quanto a análise da Sequência de Ensino Investigativa

A análise dos dados obtidos durante o levantamento das concepções prévias, mostrou que poucos alunos tiveram a iniciativa de justificar seus pontos de vista. Apesar de ser um momento introdutório da sequência, é nítida a dificuldade que os estudantes tiveram em se posicionar e argumentar diante de uma situação que exigia tomada de decisão. Ao observamos o discurso dos alunos produzido ao longo das atividades que tomamos para análise nesse estudo, nota-se que não houve variação na estrutura dos argumentos, no entanto, o conteúdo trabalhado

(conceitos científicos) passou a se fazer cada vez mais presente na fala dos participantes durante a sequência.

Quanto aos resultados obtidos, ao considerarmos as atividades desenvolvidas pelos alunos durante a elaboração do procedimento experimental na busca de solucionar o caso investigativo proposto na SEI, constata-se uma predominância de práticas epistêmicas relacionadas à instância social de produção do conhecimento. Isso pode estar associado a própria estrutura da atividade, já que dados obtidos não necessitavam de tratamento e as conclusões alcançadas não exigiam tanta discussão, uma vez que não fomentavam pontos de vista controversos. Nesse sentido, a instância de comunicação do conhecimento praticamente não foi verificada e a de avaliação aparece de forma bastante discreta no discurso dos alunos.

Apesar da instância social de produção do conhecimento ser importante por se tratar de processos de planejamento, obtenção de dados e elaboração de hipóteses, que por mais que envolva atividades experimentais simples demandam bastante tempo, é requerido que as demais instâncias, de comunicação e avaliação, apareçam expressivamente nas ações desenvolvidas pelos alunos durante suas investigações. Como ressalta Silva (2015), apesar de algumas práticas epistêmicas serem recorrentes em diferentes atividades de caráter investigativo, elas se encontram ligadas à estrutura da atividade, podendo variar em função desta ou de outros fatores.

Assim, ao observarmos as ações desenvolvidas pelos estudantes durante a SEI também estamos analisando se a própria sequência de ensino contribui para o desenvolvimento das práticas epistêmicas e, dentre essas práticas, a argumentação. Por conta disso, fizemos uma reestruturação no material em função da possibilidade de propiciar aos alunos, o desenvolvimento de práticas inseridas não somente na instância social de produção, mas também nas instâncias de avaliação e comunicação.

A seguir, descreveremos cada etapa da sequência reelaborada (Apêndice 3), justificando como cada um dos momentos foi planejado para ser trabalhado durante as aulas de Química, especialmente com os futuros docentes, considerando que nosso propósito é levá-los, já na formação inicial, a compreenderem a necessidade de se pensar em propostas de ensino que propiciem o surgimento da argumentação em sala de aula.

É importante nos atentarmos ao fato de que para a SEI (Apêndice 3) que estamos propondo ser trabalhada na educação básica (particularmente com o ensino médio), o professor deverá fazer alguns ajustes, principalmente no tocante ao nível de dificuldade dos conceitos científicos a serem abordados na sequência. Ressalta-se que não é de interesse desse estudo, no momento, realizar uma nova aplicação desse material reelaborado, mas de indicar um caminho para que futuros pesquisadores, interessados em trabalhar com atividades investigativas, fazendo uso de temas como a Química Forense, com o objetivo de fomentar a argumentação em sala de aula, possam utilizar esse instrumento como apoio.

1º Etapa: nesse primeiro momento o professor deverá apresentar a proposta didática aos discentes, relatar como os trabalhos serão desenvolvidos no decorrer das atividades (sugerimos que os participantes sejam divididos em pequenos grupos) e, posteriormente procurar identificar suas concepções prévias sobre o que vem a ser Ciência Forense e como a química atua em investigações de crimes que envolvem disparos de armas de fogo.

Para isso, substituímos os vídeos que traziam os casos de homicídios de três pessoas de uma mesma família (que demandavam mais tempo na SEI), por um trecho da seguinte reportagem: “Criança é atingida por bala perdida no bairro Bugio em Aracaju”. A escolha da reportagem, além de retratar um pouco da violência vivenciada em nosso estado, é uma forma dos estudantes, inicialmente, enxergarem a relevância dos conteúdos científicos a serem trabalhados na sequência de ensino e sua aplicação direta em nossa sociedade.

Após leitura da reportagem, o professor deverá solicitar que os estudantes respondam ao seguinte questionamento, presente no roteiro da SEI (anexo 3): **Com base na reportagem que acabamos de ler, você saberia informar como os conhecimentos da Química podem auxiliar a Justiça durante a investigação de crimes que envolvem disparos de armas de fogo? Justifique sua resposta.**

É interessante que, além de anotar suas respostas, todos os estudantes tenham a oportunidade de expressá-las para os demais participantes, por meio de uma discussão que deverá ser fomentada pelo docente. Observe que não é de interesse, no momento, que conceitos químicos sejam trabalhados, a ideia aqui é deixar os alunos socializarem suas opiniões, pois é importante conhecê-las e considera-las no decorrer da sequência.

Posteriormente à essa fase inicial, deve-se iniciar uma breve discussão sobre o que vem a ser Ciência Forense, e como essa faz uso de diversas áreas de conhecimento, dentre elas a química, ao auxiliar a Justiça em investigações de crimes que envolveram disparos de armas de fogo. Após discussão, sugerimos a exibição do vídeo “Tudo se transforma, História da Química, Química Forense” (disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=KnwxyBORQkl>), que conta um pouco do surgimento da Química Forense, seus métodos e técnicas de investigação. Como apoio para esse momento, sugerimos a leitura e discussão do texto “Química Forense: utilizando métodos analíticos em favor do Poder Judiciário”, disponibilizado no roteiro da SEI (Apêndice 3).

A proposta é que, ainda nessa primeira etapa, possam ser trabalhados alguns conhecimentos importantes que os estudantes deverão se apropriar e utilizar na segunda etapa da sequência, a qual exigirá que eles se coloquem no papel de investigadores ao buscar possíveis soluções para um caso fictício de assassinato. Portanto, é importante que o professor invista o tempo necessário nas discussões que venham surgir, de modo que os aprendizes possam compreender o que vem a ser Ciência Forense, como alguns conhecimentos da química são empregados na elucidação de crimes, a importância de se preservar possíveis provas de um crime, como atua um perito forense, dentre outros conhecimentos, que poderão ser debatidas nesse primeiro momento. É interessante que os estudantes participem e se apropriem dos conceitos trabalhados nessa discussão inicial, de modo a contribuir para que os mesmos possam desenvolver as práticas epistêmicas e argumentos consistentes nas etapas posteriores da SEI.

Etapa 2: as alterações realizadas nesse trecho da SEI (Apêndice 3) foram repensadas de modo a propiciar o surgimento de todas as instâncias sociais de práticas epistêmicas, considerando os dados obtidos nessa pesquisa, os que nos levaram a observar a importância de alguns ajustes nesse momento.

Ao reelaborarmos essa atividade, a qual envolve uma investigação científica de um crime fictício, temos por objetivo, além de levar os alunos a desenvolver práticas epistêmicas, oportunizar ao professor o trabalho com alguns conceitos científicos, à medida que os participantes propõem suas ideias, levantam hipóteses, coletam e analisam seus dados, procurando respostas para o caso apresentado.

Apesar de considerarmos que todas as atividades desenvolvidas na sequência são de natureza investigativa, nessa etapa, o estudante deverá ter uma

maior autonomia para realizar suas investigações. Nesse contexto, a primeira modificação foi realizada na história fictícia de uma tentativa de assalto que culminou em um homicídio por arma de fogo. O Quadro 14, a seguir, apresenta o novo caso fictício da SEI.

Quadro 14: História fictícia de assassinato por disparo de arma de fogo.

Quem matou José?

Mais um registro de assalto a ônibus entra para as estatísticas de violência em nosso estado. De acordo com informações da polícia, e dos relatos das 12 vítimas que estavam no local do crime, três indivíduos entraram em um ônibus, um deles portando uma arma de fogo, e anunciaram o assalto. Foram recolhidos relógios, três celulares, dinheiro e outros pertences pessoais dos passageiros. Porém, no momento da fuga dos assaltantes, houve confusão, pois, um estudante de 17 anos, posteriormente identificado como José, tentou reagir ao assalto, entrando em luta corporal com um dos criminosos, recusando-se a entregar o seu celular.

Durante a briga, o criminoso atirou em José que, apesar de ter sido socorrido, não resistiu aos ferimentos e faleceu. Os delinquentes fugiram do local, levando a arma que efetuou o disparo, o celular do estudante e outros pertences dos passageiros. Algumas horas depois, os três assaltantes foram capturados numa residência próxima ao local do crime e levados à delegacia. Na casa onde os suspeitos foram encontrados, a polícia coletou mochilas, pertences das vítimas, inclusive o celular de José, a arma de fogo utilizada no crime e as roupas que os mesmos utilizaram no momento do assalto, como possíveis provas.

Os criminosos foram reconhecidos pelas vítimas e, na delegacia, foram identificados como Chico, Mateus e Francisco. No entanto, nenhum dos passageiros soube identificar com clareza, quem de fato havia entrando em confronto com José e efetuado o disparo da arma de fogo, já que os três assaltantes tinham características físicas parecidas e usavam vestimentas semelhantes durante o assalto.

Além disso, foi constatado que as câmaras de segurança presentes no veículo não funcionavam no momento do assalto, o que dificulta o trabalho da polícia em identificar o culpado pelo assassinato de José. Os três criminosos negaram a autoria do disparo que ocasionou a morte do estudante. E agora, quem matou José?

Após apresentação do delito fictício envolvendo assassinato, os estudantes deverão ser convidados a elaborar um plano de investigação, considerando os conhecimentos da Química e as discussões anteriores a essa etapa da SEI (Apêndice 3). O importante, nesse momento, é que os participantes tenham autonomia para pesquisar, observar quais elementos, no contexto da história apresentada, poderão ser utilizados como provas para se chegar ao principal suspeito do crime.

Um dos principais pontos a ser destacado nesse novo caso é a criação de novas provas. Anteriormente, considerávamos apenas as amostras de tecido, uma delas propositalmente contaminada com resíduos de chumbo, como meio de se chegar ao suspeito do crime. Os participantes teriam que pesquisar e chegar até o

teste residuográfico para identificar íons ou fragmentos de chumbo em uma das amostras de tecido.

O professor deverá informar que, além das amostras de tecidos a serem disponibilizadas (representando as roupas que os suspeitos utilizavam durante a ocorrência) como eventuais provas, a arma do crime também poderá ser investigada (por isso é importante fornecer algum objeto simulando a arma do crime) como artefato a ser utilizado na busca de possíveis digitais. Os estudantes deverão buscar na internet pelas técnicas utilizadas na investigação de digitais em locais ou objetos relacionados a um crime, como também pelos testes de investigação de presença de chumbo em corpo ou vestimenta de suspeitos de efetuar disparos de armas de fogo.

Após os estudantes relatarem se conseguiriam elaborar ou não um roteiro experimental para se chegar ao culpado pelo assassinato, o professor deverá realizar uma discussão sobre o papel dos peritos forenses no local do crime, a importância de se preservar as provas e como a perícia atua fornecendo elementos que auxiliam à Justiça durante a investigação e na correta aplicação da pena a cada criminoso.

É interessante que a primeira técnica de análise a ser empregada pelos estudantes seja a de identificação de impressões digitais. Esta não deverá trazer respostas exatas para o caso a ser elucidado pelos discentes, mas direcioná-los a investigar uma outra forma de identificar o principal suspeito do crime, mediante todos os elementos fornecidos como provas. A necessidade de dificultar essa etapa de investigação tem por objetivo levar os discentes a desenvolverem uma variedade de práticas epistêmicas, especialmente a argumentação, para isso, ao considerarmos fornecer um objeto relacionado ao crime (a arma) na busca de uma possível digital do assassino, sugerimos que no material fornecido seja encontrada diferentes digitais de modo que o teste realizado pelos participantes não sirva como meio de indicar o responsável pelo homicídio de José.

Portanto, é interessante que durante a atividade os estudantes pesquisem sobre o que vem a ser uma impressão digital, como são formadas, se existe diferenças entre elas, como podem ser encontradas, quais as técnicas de análise empregadas em sua identificação. Além disso, é importante que o professor forneça aos alunos uma base de dados, pois como ressalta Sebastiany e colaboradores (2013):

Para que seja possível identificar/descobrir a quem pertence cada uma das impressões digitais recolhidas em uma cena de crime ou situação semelhante, será necessário compará-las com as digitais de uma base de dados, tentando encontrar os traços característicos de cada uma para chegar ao possível suspeito. Para isso o professor ou quem desejar realizar esse tipo de atividade deverá criar seu próprio banco de dados, recolhendo impressões digitais de diversas pessoas e as mesmas podem ser organizadas em fichas que contenham algumas informações, por exemplo, impressão digital, nome, idade, altura, data de nascimento, como se fosse uma ficha cadastral (SEBASTIANY; PIZZATO; DEL PINO; SALGADO, 2013, p.52).

Ainda permanecemos com o objetivo de se chegar ao suspeito do crime pelo exame residuográfico como meio de identificar uma das amostras de tecido que deverá ser, propositalmente, contaminada por chumbo, no entanto, a ideia de dificultar uma das etapas da investigação a ser desenvolvida pelos estudantes pode ser um meio de levá-los a argumentar na busca de possíveis soluções para o caso.

Portanto, considera-se que o professor deverá investir uma quantidade de tempo maior nessa atividade. Levando-se em conta o fato de que os estudantes deverão atuar como protagonistas da investigação, o docente terá o papel de questioná-los e instigá-los a falar como serão realizadas suas análises, se consideram os conhecimentos científicos ao levantar hipóteses, como obteve os resultados e também a expor suas conclusões.

Etapas 3: nessa etapa os estudantes devem ser convidados a expor seus resultados obtidos durante as investigações, justificando as análises desenvolvidas, com também, as repostas dadas a dois questionamentos presentes no roteiro da SEI (Apêndice 3), pós atividade experimental.

1- Considerando a investigação desenvolvida, quem é o principal suspeito da morte de José? Justifique.

2-Os testes realizados são suficientes para determinar qual dos três suspeitos foi responsável pela morte do estudante? Por quê?

Observe que os alunos precisam trazer elementos justificatórios para suas respostas e a própria estrutura da atividade exige uma nova postura do estudante. Ele terá de investigar mais de um elemento fornecido como prova, sendo que em um deles foi acrescentado um nível maior de dificuldade com intuito de levar os participantes da sequência a questionar e pesquisar novas formas de identificar o culpado pelo crime.

A reestruturação das atividades da SEI busca um aluno crítico e ativo durante todo o processo, o põe no papel de pesquisador ao vivenciar e buscar solucionar uma situação de investigação em sala de aula.

Posteriormente a essa discussão, alguns conceitos científicos devem ser abordados pelo professor, como: ao falar do mecanismo de disparo de armas de fogo alguns conceitos da termodinâmica podem ser enfatizados; quando se fala no exame residuográfico para identificar fragmentos de chumbo no atirador, podemos falar sobre reações químicas, como o rodizonato de sódio reage com o chumbo formando complexos; ao se falar em impressão digital e os métodos usados para identificá-las vários conceitos químicos podem ser empregados a depender da técnica escolhida; a importância da papiloscopia, dos princípios base dessa técnica, como está subdividida e para que serve.

Essa etapa, além de permitir o trabalho com conceitos científicos e de mostrar aos estudantes que a Química auxilia à Justiça a investigar esses tipos de delitos, deve ser vista como o momento de sistematizar tudo o que foi realizado durante a SEI, como também, responder à questão central da própria sequência de ensino investigativa, sobre: Quem matou José?

Espera-se, para esse momento, uma reflexão dos resultados obtidos durante as investigações e a partir das discussões de conceitos científicos e das etapas anteriormente trabalhadas, que serviram como suporte para o desenvolvimento e reestruturação da sequência de ensino investigativa, os alunos consigam mobilizar seus conhecimentos e ofereçam elementos como dados, justificativas para embasar suas conclusões.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como anteriormente explicitado, esse estudo teve por objetivo analisar o desenvolvimento de uma SEI, estruturada em torno de um tema da Química Forense, verificando o espaço gerado para a argumentação e outras práticas epistêmicas, quando aplicada no contexto de formação inicial de professores, em uma turma de licenciandos em Química. Para isso, buscamos identificar as práticas epistêmicas nos discursos dos alunos no decorrer da sequência, fazendo uso de um sistema de categorias para análise de tais práticas elaborado por Silva (2015) e, para descrever e caracterizar a elaboração conjunta e individual dos argumentos, fizemos uso do padrão de Toulmin (2006). Também foi possível analisar a maneira pela qual o conhecimento científico era incorporado pelos estudantes na elaboração de seus argumentos durante os episódios tomados para análise nessa pesquisa.

Os excertos de algumas discussões tomadas para análise nesse estudo, mostraram a iniciativa dos participantes da SEI em justificar seus pontos de vistas, como também permitiram enfatizar se eles tinham alguma noção sobre como são realizadas as investigações de homicídios que envolvem disparos de armas de fogo e como a Química contribui em tais casos. Ressalta-se que muitos justificaram que seus conhecimentos, acerca de investigações de homicídios, eram pelo fato deles acompanharem séries policiais, a exemplo de CSI, que trata de casos semelhantes aos desenvolvidos durante a sequência de ensino.

Entretanto, ao caracterizarmos, inicialmente, os argumentos orais e individuais, em alguns episódios tomados para análise, produzidos pelos estudantes, constata-se que apenas dois deles tiveram a iniciativa de justificar seus pontos de vista, sendo tal argumento composto por conclusão e garantia de inferência, com dados implícitos, ao passo que, quando consideramos a elaboração conjunta, observamos uma predominância maior de garantias e conclusões nos argumentos dos alunos.

Segundo Mendonça e Justi (2013, p.192) garantias, dados e conclusão “devem ser buscados em todos os contextos, sendo importantes para caracterizar um argumento consistente”. Quanto à presença de garantia de inferência em alguns dos argumentos orais e escritos apresentados pelos alunos, para Nascimento e Vieira (2009, p.34) ela “necessária para o estabelecimento de estrutura de um

argumento quanto o próprio dado e a conclusão, conforme o próprio Toulmin prescreve”.

Tal fato, nos faz refletir sobre a importância de se trabalhar a argumentação na formação inicial de professores, pois, como afirma Lourenço *et al.* (2016), o desenvolvimento dos saberes docentes relativos ao discurso argumentativo, é uma das condições necessárias para a inserção da argumentação na educação científica, como vem sendo defendida pelas propostas atuais de ensino para a educação básica.

A argumentação na educação científica corrobora com a aquisição da linguagem científica, contribui com a compreensão de conceitos científicos e da natureza da ciência. Ainda, segundo Lourenço *et al.* (2016 p.298), é necessário que a argumentação assuma um papel importante no Ensino de Ciências. Além disso, é de interesse que os futuros docentes, desde a formação inicial, “a reconheçam como um meio facilitador para a aprendizagem nesta área do conhecimento”.

Quanto à análise das práticas epistêmicas, observadas durante o estudo, constatou-se uma ênfase na instância social de produção do conhecimento, como já discutido no capítulo 4, isso nos levou a notar que a própria estrutura da atividade desenvolvida, contribuiu para tal fato, pois os resultados obtidos pelos alunos durante suas investigações não exigiam tanta discussão. Essa situação nos levou a realizar diversas adequações no roteiro da sequência pensando em estudos futuros.

Ao propormos a reestruturação do nosso material didático, objetivamos meios para que o mesmo possa favorecer o desenvolvimento de mais práticas epistêmicas, dentre elas, a própria argumentação, mas compreendemos que para alcançar tal proposta, é necessário a aplicação desse material reestruturado para uma nova obtenção e análise de dados, isso demandaria um tempo maior em nosso estudo.

Além disso, os resultados obtidos nos direcionaram a questionar até que pontos as atividades investigativas, desenvolvidas na SEI em questão, contribuíram com o desenvolvimento das práticas epistêmicas em sala de aula e se realmente alguns dos objetivos propostos pelo ensino por investigação foram alcançados. Pois, como afirma Geraldi (2017), o Ensino de Ciências com base na investigação deve permitir o desenvolvimento de habilidades argumentativas contribuindo, dessa forma, para uma das metas do Ensino de Ciências, no caso, a alfabetização científica.

De maneira geral, e respondendo à questão central da pesquisa, quanto ao potencial da SEI em promover a argumentação e outras práticas epistêmicas, no

tocante a estrutura dos argumentos obtidos, inicialmente, nesse estudo, nota-se que alguns contaram com ao menos três elementos do TAP (dados implícitos, garantia e conclusão), no entanto ao final das atividades desenvolvidas na SEI, constatamos uma evolução nos argumentos escritos dos alunos, onde pode-se observar a presença de dados, garantias, conhecimento de base de forma implícita e conclusões.

Quanto as práticas epistêmicas, observamos a predominância da instância social de produção do conhecimento. Ressalta-se que os resultados, aqui explicitados, podem estar relacionados tanto ao contexto da pesquisa, quanto a natureza das atividades desenvolvidas no decorrer da SEI, como buscamos explicitar durante todo o estudo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D.M. As práticas epistêmicas na construção de uma atividade investigativa de Biologia para o Ensino Superior. **Revista Comp. Docência**, v.1, n.1, p.29-42, 2016.
- ALTARUGIO, M.A.; DINIZ, M.L.; LOCATELLIO, S.W. Debate como Estratégia em Aulas de Química. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 1, 2010.
- AMOSSY, R. **A Argumentação no Discurso**. São Paulo: Contexto, 2018. 288p.
- ARAÚJO, A.O. **O uso do tempo e das práticas epistêmicas em aulas práticas de química**. 141f. Dissertação (mestrado em Educação) Faculdade de Educação – UFMG, Minas Gerais, 2008.
- AZEVEDO, M.C.P.S. Ensino por Investigação: problematizando as atividades em sala de aula. *In*: CARVALHO, A.M.P. (org.). **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa a Prática**. Ed. Thomson: São Paulo, SP, 2004.
- BAWER, M.W.; CASSELL, C. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2002.
- BRICCIA, V. Sobre a natureza da ciência e o ensino. *In*: CARVALHO, A.M.P. **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- BRITO, J.Q.A.; SÁ, L.P. Estratégias promotoras da argumentação sobre questões sócio-científicas com alunos do ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n.3, p.505-529, 2010.
- CAPECCHI, M.C.V.M. Problematização no Ensino de Ciências. *In*: CARVALHO, A.M.P. **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CAPECCHI, M.C.V.M.; CARVALHO, A.M.P. Argumentação numa Aula de Física. *In*: CARVALHO, A.M.P. (org.). **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa a Prática**. Ed. Thomson: São Paulo, SP, 2004.
- CARVALHO, A.M.P. **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, A.M.P. Um ensino fundamentado na estrutura da construção do conhecimento científico. **Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genética**, v. 9, n. Especial, p.131-158, 2017.
- CARVALHO, A.M.P. A pesquisa no ensino, sobre o ensino e sobre a reflexão dos professores sobre seus ensinamentos. **Revista Educação e Pesquisa**, v.28, n.2, p. 57-67, 2002.
- CARVALHO, A.M.P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. *In*: SANTOS, F.M.T.; GRECA, M.I. **A**

pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas metodologias. 2ª ed. Ijuí: E. Unijuí, 2011. 440p.

COSTA, A.S.; NASCIMENTO, A.V.; CRUZ, E.B.; TERRA, L.L; SILVA, M.R. O uso do método estudo de caso na Ciência da Informação no Brasil. **InCID: R. Ci. Inf. e Doc.**, v. 4, n. 1, p. 49-69, 2013.

CRUZ, A.A.C.; RIBEIRO, V.G.P.; LONGHINOTTI, E.; MAZZETTO, S.E. A Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação Investigativa e Lúdica. **Química Nova na Escola**, v.38. n.2, p. 167-172, 2016.

DIAS FILHO, C.R.; ANTEDOMENICO, E. A Perícia Criminal e a Interdisciplinaridade no Ensino de Ciências Naturais. **Química Nova na Escola**, v.32, n. 2, 2010.

DISCOVERY BRASIL. Crime por dinheiro ou vingança? / Assassinatos em Família/ Investigação Discovery. Vídeo 8' 10". Publicado em 26 mai. de 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=LB0BOZcfCnc>. Acesso em 20 jun.de 2018.

DISCOVERY BRASIL. Triplo homicídio em uma família perfeita. Vídeo 5' 48". Publicado em 19 mai. 2018. Disponível em : <https://www.youtube.com/watch?v=zEJJeOu0p8E>. Acesso em 20 jun.2018.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. **Science Education**, v.84, n.3, p.287-312, 2000.

DUSCHL, R. A. Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *In: Kelly, G. J., Luke, A., & Green, J. (Orgs.). **What Counts as Knowledge in Educational Settings: Disciplinary Knowledge, Assessment, and Curriculum***, p. 268-291, 2008.

ERDURAN, S. Methodological Foundations in the Study of Argumentation in Science. *In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P. **Argumentation in Science Education Perspectives from Classroom-Based Research***. Ed: Springer,2007.

FATARELI, E.F.; FERREIRA, L.N.A.; QUEIROZ, S.L. Argumentação no ensino de Química: textos de divulgação científica desencadeando debates. **Revista Acta Scientiae**, v. 16, n.3, p 614-630,2014.

FATARELI, E.F. **Argumentação no Ensino de Química: Textos de Divulgação Científica Desencadeando Debates**.224f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2011.

FERRAZ, A.T. **Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas de física**.175f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo,2015.

FERRAZ, A.T.; SASSERON, L.H. Propósitos Epistêmicos para a Promoção da Argumentação em Aulas Investigativas. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v.22, n.1, p.42-60, 2017.

FERREIRA, A.G. Química Forense e técnicas utilizadas em resolução de crimes. **Revista Acta de Ciências e Saúde**, v. 02, n. 05, 2016.

FREITAS, B.S.P. **Os movimentos epistêmicos e a construção de argumentos escritos em aulas de anatomia vegetal no ensino superior**. 160f. Dissertação (Mestrado em Ciências, com ênfase em Ensino de Biologia). Instituto de Biociências, Instituto de Química e Instituto de Física. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

GARCIA-MILA, M.; GILABERT, S.; ERDURAN, S.; FELT, M. The Effect of Argumentative Task Goal on the Quality of Argumentative Discourse. **Science Education**, v. 97, n. 4, p. 497–523, 2013.

GERALDI, A.M. **Relações entre os graus de abertura de atividades investigativas e o desenvolvimento de argumentos por estudantes do ensino fundamental**. 114f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Educação, Instituto de Biociências, Instituto de Química e Instituto de Física. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

GRÁCIO, R.A. Para uma teoria geral da argumentação: questões teóricas e aplicações didáticas. 446f. Tese de doutoramento. Instituto de Ciências Sociais da Universidade do Minho, 2010.

HOFFMANN, J.L.; NAHIRNE, A.P.; STRIEDER, D.M. Um diálogo sobre as concepções alternativas presentes no Ensino de Ciências. **Arquivos do MUDI**, v.21, n 03, p.90-101, 2017.

IBRAIM, S.S.; JUSTI, R. Influências de um ensino explícito de argumentação no desenvolvimento dos conhecimentos docentes de licenciandos em Química. **Ciênc. Educ.**, Bauru, v.23, n.4, p.995-1015, 2017.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P.; ERDURAN, S. Designing argumentation learning environments. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ, M.P.A. (Eds.). **Argumentation in science education: Perspectives on classroom-based research**. New York: Springer, 2008. p. 91-116.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P.; RODRIGUEZ, A. B.; DUSCHL, R. A. “Doing the lesson “or” Doing Science”: Argument in High School Genetics. **Science Education**, v.84, n. 6, p.757-792, 2000.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P.; BROCOS, P. Desafios metodológicos na Pesquisa da Argumentação em Ensino de Ciências. **Revista Ensaio**, v. 17, nº Especial, p.139-159, 2015.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P.; ERDURAN, S. Argumentation in Science Education: Na Overview. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P. **Argumentation in Science Education Perspectives from Classroom-Based Research**. Ed: Spinger, 2007.

JUNIOR, W.E.F. Uma proposta metodológica para o ensino dos conceitos de pressão e diferença de pressão. **Revista Ensaio**, v.9, n.1, p.152-171, 2007.

KELLY, G. J. (2014). Discourse practices in science learning and teaching. In N. G. Lederman, & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (2) (pp. 321–336). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

KELLY, G. J.; TAKAO, A. Epistemic levels in argument: An analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. **Science Education**, v. 86, Issue 3. p. 314–342, 2002.

KELLY, G. J. Inquiry, activity, and epistemic practices. In: INQUIRY CONFERENCE ON DEVELOPING A CONSENSUS RESEARCH AGENDA, 2005, New Brunswick. Proceeding of Inquiry Conference on Developing a Consensus Research Agenda. New Brunswick: 2005.

KELLY, Gregory; DUSCHL, Richard A. Toward a research agenda for epistemological studies in science education. IN: Annual meeting of the National association for research in Science Education, Abril de 2002, Nova Orleans, Louisiana, EUA.

KELLY, G.J; LICONA. Springer International Publishing AG 2018.M.R. Matthews (ed.), *History, Philosophy and Science Teaching*, Science: Philosophy, History and Education, DOI 10.1007/978-3-319-62616-1_5

LOURENÇO, A.B.; ABIB, M.L.V.S.; MURILLO, F.J. Aprendendo a ensinar e a argumentar: saberes de argumentação docente na formação de futuros professores de Química. **R.B.P.E.C.**, v.16, n.2, p.295-316, 2016.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária LTDA, 1986. 99 p.

MANTOVANI FL, SOUZA FL, CASEMIRO JLA, MAIDANA JG, ASSIS LAF, MARINS MT, VENTO PEV, LOVAGLIO US, ASSIS JC, TOWATA N, SCARPA DL, URSI, S. Sequência didática Mata Atlântica - Restinga. In: Ensino por investigação: Sequência didática “Mata Atlântica - Restinga”. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2016. p.39. Disponível em: <file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/Sequencia_Restinga.pdf> . Acesso em: 24 Nov. 2018.

MENDONÇA, P.C.C.; JUSTI, R.S. Ensino-Aprendizagem de Ciências e Argumentação: Discussões e Questões Atuais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação**, v. 13, n. 1, p.187-2016, 2013.

MOTA, L.; Di VITTA, P.B. Química Forense: utilizando métodos analíticos em favor do poder Judiciário. **Revista Acadêmica Oswaldo Cruz**, n. 1, 2014.

NASCIMENTO, E.D.O. **Práticas epistêmicas em Atividades Investigativas**. 88f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática). Universidade Federal de Sergipe, 2015.

NASCIMENTO, S.S.; VIEIRA, R.D. A argumentação em sala de aula de física: limites e possibilidades de aplicação do padrão de Toulmin. IN: NASCIMENTO, S.S.; PLANTIN, C. (org.). **Argumentação e Ensino de Ciências**. 1 ed. Curitiba: Editora

CRV, 2009.

OROFINO, R.P.; TRIVELATO, S.L.F. O Uso de Conceitos Científicos em Argumentos em Aulas de Biologia. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v.20, n.3, p.102-114, 2015.

OSBORNE, J.; PATTERSON, A. Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction?. **Science Education**, v. 95, p. 627-638, 2011.

PEDASTE, M.; et. al. Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, v. 14, n. 1, p. 47-71, 2015.

PERON, K.A. Processo de Peer Review: funcionamento e contribuições no ensino superior de química. 242f. Tese (Doutorado em Química Analítica e Inorgânica) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

POZO, J.J.; CRESPO, M.A.G. **A aprendizagem e o Ensino de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5.ed. Porto Alegre: Artemed, 2009, 296p.

REIS, L. **O desenvolvimento da argumentação em atividades investigativas para alunos do ensino fundamental**. 213f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo-Escola de Engenharia de Lorena, Lorena, 2017.

ROSA, M. F.; SILVA, P.S.; GALVAN, F. B. Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação. **Química Nova na Escola**, v.00, n. 0, 2014.

SÁ, L.P. Estudo de casos na promoção da argumentação sobre questões sócio-científicas no Ensino Superior de Química. 278F. (Tese de Doutorado). São Carlos: UFSCar, 2010.

SÁ, L.P.; QUEIROZ, S.L. **Estudos de Casos no Ensino de Química**. Campinas: Editora Átomo, 2010.

SÁ, L.P.; KASSEBOEHMER, A.C.; QUEIROZ, S.L. Esquema de Argumento de Toulmin como Instrumento de Ensino: Explorando Possibilidades. **Revista Ensaio**, v.16, n. 03, p. 147-170, 2014.

SÁ; L.P.; QUEIROZ, S.L. Promovendo a Argumentação no Ensino Superior de Química. **Revista Química Nova**, v.30, n.8, p. 2035-2042, 2007.

SACA, L.Y. **Discurso e aspectos epistêmicos: análise de aulas de Ensino por Investigação**. 158f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013. 624 p

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v,17, n. Especial, p. 49-67, 2015.

SASSERON, L.H. A Construção de Argumentos em aulas de Ciências: o papel dos dados, evidências e variáveis no estabelecimento de justificativas. XVI ENDIPE. Campinas, 2012.

SASSERON, L.H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. *In*: CARVALHO, A.M.P. **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

SASSERON, L.H.; CARVALHO, A.M.P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v.13, n.3, p.333-352, 2008.

SASSERON, L.H.; CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. **Revista Ciência e Educação**, v. 17, n. 1, p. 97-114, 2011.

SASSERON, L.H.; CARVALHO, A.M.P. O Ensino de Ciências para a Alfabetização Científica: analisando o processo por meio da argumentação em sala de aula. *IN*: NASCIMENTO, S.S.; PLANTIN, C. (org.). **Argumentação e Ensino de Ciências**. 1 ed. Curitiba: Editora CRV, 2009.

SASSERON, L.H.; DUSCHL, R.A. Ensino de Ciências e as Práticas Epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 2, p.52-67,2016.

SASSERON, L.H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: Relações entre Ciências da Natureza e Escola. **Revista Ensaio**, v.17, n. Especial, p.49-67,2015.

SCARPA, D.L. O Papel da Argumentação no Ensino de Ciências: Lições de um Workshop. **Revista Ensaio**, v.17, n. Especial, p.16-30,2016.

SEBASTIANY, A.P.; PIZZATO, M.C.; DEL PINO, J.C.; SALGADO, T.D.M. A utilização da Ciência Forense e da Investigação Criminal como estratégia didática na compreensão de conceitos científicos, **Educ. Quim.**, v.24, n.1, p.49-56,2013.

SEGUNDO, P.R.G. Argumentação e falácias em entrevistas televisivas: por um diálogo entre o Modelo Toulmin e a Perspectiva Textual-Interativa. **Linha D'Água (Online)**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 69-96, 2016.

SILVA, A.C.T. Estratégias enunciativas em salas de aula de química: Contrastando professores de estilos diferentes. 353f. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação-UFMG, Minas Gerais, 2008.

SILVA, A.C.T. Interações Discursivas e Práticas Epistêmicas em Salas de Aula de Ciências. **Revista Ensaio**, v.17, n. Especial, p.69-96, 2015.

SILVA, M.L, M; SILVA, M.G.L. Argumentação no Ensino de Biologia: uma experiência no ensino médio. **Revista Actio: Docência em Ciências**, v.1, n.1, p. 70-86,2016.

SILVA, P.S.; ROSA, M. F. Utilização da ciência forense do seriado CSI no ensino de Química. **R. B. E. C. T.**, v. 6, n.3, 2013.

SILVA, W.M.; VELASCO, P.D.N.; ZANOTELLO, M.O Debate na Perspectiva da Lógica Informal: Uma Abordagem para Análise da Argumentação em Aulas de Ciências. **Revista Ensaio**, v.18, n. 2, p.99-127, 2016.

SILVA, A.C.T.; VINHA, D.; TRINDADE, D.S. Elaborando o conceito de substância química: uma análise das interações discursivas e suas relações com o engajamento dos estudantes em uma sala de aula de ciências. *In: Anais do IV Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade*; 2010 set; São Cristóvão.

SOUZA, A.K.R. **Uso da Química Forense como Ferramenta de Ensino Através da Aprendizagem Significativa**. 84f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática). Universidade Federal do Ceará- UFCE, 2017.

STRAUSS, A.L.; CORBIN, J.M. **Pesquisa qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada**. 2ªed. Porto Alegre, RS: Artemed: Bookman, 2008. 288p.

TEIXEIRA, F.M. Argumentação nas Aulas de Ciências para as Séries Iniciais. *IN: NASCIMENTO, S.S.; PLANTIN, C. (org). Argumentação e Ensino de Ciências*. 1ªed. Curitiba: Editora CRV, 2009.

TOULMIN, Stephen E. **Os Usos do Argumento**. São Paulo, Martins Fontes, 2006, 375p.

TRIVELATO, S.L.F.; TONIDANDEL, S.M.R. Ensino por Investigação: Eixos Organizadores para Sequências de Ensino de Biologia. **Revista Ensaio**, v.17. n. Especial, p.97-114, 2015.

VAN EEMEREN, F. H.; GROOTENDORST, R.; HENKEMANS, F. S.; BLAIR, J. A.; JOHNSON, R.H.; KRABBE, E. C. W.; PLANTIN, C.; WALTON, D. N.; WILLARD, C. A.; WOODS, J.; ZAREFSKY, D. **Fundamentals of argumentation theory: A handbook of historical backgrounds and contemporary developments**. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1996.

VAN MANEN, M. **Researching lived experience: Human science for na action sensitive pedagogy**. State University of New York Press, 1990.

VIEIRA, R.D.; NASCIMENTO, S.S. Uma proposta de critérios marcadores para identificação de situações argumentativas em salas de aula de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.26, n.1, p.81-102, 2009.

WALTON, D.N. **Lógica Informal: manual de informação crítica**. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

YIN, R.K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 4ed. Porto Alegre: Bookman, 2010, p.248.

ZOMPERO, A.F.; LABURÚ, C.E. Atividades Investigativas no Ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, v.13, n.3, p.67-78,2011.

ZILL, L.F.; VARGAS, J.D. O trabalho da polícia investigativa face ao homicídio de jovens em Belo Horizonte. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v.18, n.3, p.621-632, 2013.

APÊNDICES

Apêndice 1: Sequência de Ensino Investigativa: Contribuições da Química Forense na investigação de crimes com armas de fogo



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EM MATEMÁTICA MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS E MATEMÁTICA

Sequência de Ensino Investigativa: Contribuições da Química Forense na investigação de crimes com armas de fogo

Roteiro

Encontro 1: Introduzindo conhecimentos

Vocês sabiam que a Química pode ajudar na resolução de crimes? A investigação criminal envolve uma perícia científica situada no domínio da Ciência Forense, a qual utiliza conhecimentos e métodos de diversas áreas do conhecimento, inclusive a Química, para auxiliar nas investigações relativas à justiça. Então, tem-se a Química Forense.

Nessa sequência de aulas, vamos abordar tal tema. Iniciaremos assistindo a um vídeo sobre um “caso de assassinato de três membros de uma família”. Após exibição desse primeiro vídeo, vocês são convidados a responder e discutir algumas questões. Nessa primeira aula, também discutiremos algumas técnicas de investigação utilizadas pela polícia na resolução do caso apresentado e como foi possível identificar o responsável pela morte das três pessoas. Neste percurso, também entenderemos mais sobre como surgiu a Química Forense e quais as suas

técnicas de investigação. No segundo momento, trabalharemos com uma atividade investigativa, onde vocês serão convidados, fazendo uso de conhecimentos da química forense, a desvendar um caso que envolve um assassinato.

Questionamentos após exibição do primeiro vídeo

1-Supondo que vocês sejam policiais e devam investigar o caso mostrado no vídeo, que procedimentos tomariam? Elenquem e descrevam cada um deles.

2- Considerando a resposta à questão anterior, vocês acreditam que a Química está envolvida na resolução proposta? Justifique sua resposta.

Você sabe como a polícia investiga um assassinato?

Investigações que envolvem homicídios podem ser divididas em duas etapas: Investigação preliminar e Investigação de seguimento. A primeira etapa, a da investigação preliminar, é caracterizada por alguns passos como:

- 1) chegada das equipes policiais ao local do crime;
- 2) isolamento e preservação da cena do crime;
- 3) realização de “diligências” nos arredores do local do crime para tentativa de captura e prisão de criminosos;
- 4) arrolamento de testemunhas presenciais e circunstanciais do fato;
- 5) acompanhamento de todas as perícias realizadas na cena do crime, pela polícia científica, e no corpo da vítima (ZILL; VARGAS; 2013).

Mas, se todos os procedimentos adotados acima não levarem à identificação do (s) culpado (s), a segunda etapa é adotada, ou seja, é iniciada a “investigação de seguimento”, referente às ações investigativas prescritas no inquérito policial. Nessa fase, é realizado um levantamento da vida e depoimentos dos suspeitos, é o momento em que os investigadores conseguem levantar hipóteses sobre a identidade e motivação dos envolvidos no crime até, de fato, chegar ao responsável.

Como a ciência auxilia a polícia durante essas investigações?

Por meio da Ciência Forense. A ciência forense é uma área transdisciplinar que envolve conhecimentos da Física, Biologia, Medicina, Química, Matemática, dentre outras, com o objetivo de auxiliar as investigações relativas à justiça.

Como os peritos criminais determinam se uma mancha é de sangue ou não? Como relacionar a mancha de sangue à vítima ou ao agressor? Como estimar há quanto tempo a vítima morreu? Essas são apenas algumas das questões que permeiam os meios periciais e que podem ser respondidas, respectivamente, por meio de princípios químicos, biológicos e físicos. Os testes presuntivos para constatação de sangue têm por base processos catalíticos e de oxirredução; a relação da mancha de sangue com a vítima pode ser solucionada pelo exame de DNA; e a estimativa do tempo de morte, pode ser feita com base na temperatura corporal, sendo uma mera aplicação do princípio da troca de calor entre o corpo e o ambiente (DIAS FILHO; ANTEDOMENICO, 2010).

Vamos voltar ao vídeo e verificar como a polícia chegou à resolução do caso!!

QUÍMICA FORENSE: UTILIZANDO MÉTODOS ANALÍTICOS EM FAVOR DO PODER JUDICIÁRIO

Aspectos Históricos

A utilização de conhecimentos científicos em auxílio a questões judiciais teve seu início registrado na antiga Grécia, com certa contribuição da Química para assuntos da Medicina. Na Roma Antiga, a Química se mostrou decisiva para esclarecer casos de mortes por envenenamento, que se tornaram corriqueiros, principalmente considerando-se figuras públicas. Este foi o primeiro grande indício de que havia a necessidade de promover conhecimento que auxiliassem à justiça contra esses crimes.

Mathieu-Joseph Bonaventura Orfila, natural da Espanha e crescido na França (1787-1853), considerado o pai da toxicologia, foi também um dos pioneiros na fase moderna da ciência forense. Atuou certa vez como perito em um caso de suspeita de assassinato por envenenamento, conseguindo provar a intoxicação por arsênio, recolhendo amostras do corpo exumado da vítima e desenvolvendo análises, as quais indicaram que tal elemento não adivinha do solo onde o corpo havia sido enterrado. Orfila colaborou para fazer das análises químicas uma parte da rotina da medicina forense, havendo estudado os efeitos de asfixia, exumação e decomposição de corpos. De todos seus estudos, Orfila deixou para a ciência forense um *Tratado de Medicina Legal* (FARIAS,2010).

Na mesma época, outra importante figura aparece: o químico inglês James Marsh (1794-1846). O temível arsênio continuava a fazer suas vítimas, pois até então era praticamente indetectável; as análises químicas eram precárias e seus sintomas se assemelhavam aos sintomas da cólera, doença muito comum naquele tempo. Marsh propôs um método de detecção para o arsênio, em que se borbulha sulfeto de hidrogênio em uma solução onde supostamente acredita-se ter o agente intoxicante. A confirmação se observa quando a solução assume um tom amarelado.

Identificar o agente intoxicante foi uma grande vitória da ciência, porém também se fazia necessário a identificação do criminoso. Desde os primórdios das civilizações, os homens desenvolveram métodos próprios de identificação daqueles que transgrediam as leis e a ordem. Ações como infringir cicatrizes, tatuagens,

marcas e até mesmo mutilações de membros eram utilizadas para identificação de criminosos, servindo também como inibidores de novas infrações. Tais métodos foram abandonados, de um modo geral, com o avanço das civilizações e do reconhecimento de direitos humanos. Porém, não foi abandonada a ideia de identificação humana, e a descoberta de tendências únicas das impressões digitais em cada indivíduo foi tomada como padrão neste intuito. Francis Galton, primo de Charles Darwin, em 1892 publicou um livro intitulado “Impressões Digitais”, que incluía o primeiro sistema de classificação destas impressões. Surgia a datiloscopia.

A ideia daquilo que estava por trás de um crime e do criminoso que o cometeu, sempre foi discutida desde a antiguidade. Nos tempos mais remotos, os crimes eram entendidos como manifestações sobrenaturais, havendo forte ligação com a religião, acreditando-se que o criminoso apresentava personalidade demoníaca. Essa relação crime e criminoso foi sendo analisada e ganhando novas explicações como: certas características físicas de um indivíduo com a predisposição às ações transgressoras; o estado mental deficiente, em que o indivíduo não assimilava a ordem, a lei; a desorganização social e a pobreza, entre outros.

A criminologia, ou o termo desenvolvido por Hans Gross (1847 – 1915), “criminalística”, é o pensamento moderno a respeito de toda atmosfera em volta ao crime, não somente o estudo dos seus vestígios concretos, materiais, mas também o exame dos indícios abstratos, psicológicos do criminoso. Gross (que era professor) foi um dos primeiros a compreender a importância de agregar outras diversas áreas do conhecimento (Química, Física, Botânica, Geologia, etc.) no auxílio a questões judiciais, tendo ele estudado essas diversas áreas para ter uma maior compreensão de suas interligações. Por tais considerações Hans Gross é tido como o fundador da criminologia.

Um dos maiores nomes da ciência forense é Edmond Locard (1877 – 1966), francês, nascido em uma família rica e culta, que dedicou sua vida à medicina legal e a estudos de criminalística, devido às formações em medicina e direito, as quais foram influenciadas por seu pai e sua mãe, respectivamente.

O desenvolvimento das áreas de papiloscopia e datiloscopia, as quais promovem a identificação de impressões deixadas nas cenas dos crimes, a fundamentação da criminologia (que visa o ato criminoso em todas suas partes), a descoberta do luminol (composto que revela vestígios de sangue, reagindo com

estes, dando origem a um azul fosforescente) e também o desenvolvimento tecnológico e procedimental, promoveram a aliança definitiva entre ciência e justiça.

Fonte: MOTA, L.; DI VITTA, P. B. Química forense: utilizando métodos analíticos em favor do poder judiciário. **Rev. Acad. Oswaldo Cruz**, n. 1, 2014. Disponível em: <http://revista.oswaldocruz.br/Content/pdf/Leandro%20MOTA.pdf>. Acesso em 16 set. 2019

Encontro 2: Experimentação Investigativa

Nessa aula iremos trabalhar com uma atividade investigativa. Vocês serão convidados a descobrir, fazendo uso de conhecimentos da química, quem matou José. Trata-se de uma história fictícia, cujo objetivo é fazer com que possamos enxergar como os conhecimentos químicos podem auxiliar numa investigação como, por exemplo, nos casos em que há resíduos de disparos de armas de fogo.

Quem matou José?

1- Numa tentativa frustrada de roubo a um “carro forte” Chico, Mateus e Francisco, durante a fuga, atiram com uma arma de fogo contra os seguranças que reagiram ao assalto.



FONTE: JOHLL,2006 *apud* CHEMELLO,2007.

Um dos tiros acabou atingindo o segurança José que, apesar de ter sido socorrido, não resistiu aos ferimentos e faleceu. Algumas horas depois, os três assaltantes foram identificados, capturados e levados à delegacia. No local onde os suspeitos foram encontrados, a polícia coletou mochilas, capuz, as roupas que os mesmos utilizaram no momento do assalto, como possível prova. Porém, a arma utilizada no

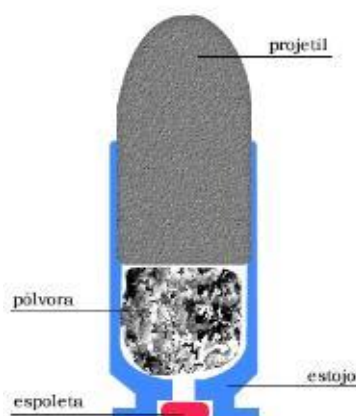
crime não fora encontrada. Todos negaram a autoria do disparo que ocasionou a morte do segurança. E agora, quem matou José?

Questionamentos:

1-Você seria capaz de elaborar algum esquema procedimental, considerando os conhecimentos da Química, para chegar até o suspeito? Discuta.

Entendendo o que acontece quando uma arma de fogo é disparada

As armas de fogo são consequentes à invenção da pólvora. É uma máquina térmica, baseada nos princípios da termodinâmica e da termoquímica, da classe de armas de arremesso complexas, que utiliza, para expelir seus projéteis, a força expansiva dos gases de combustão da pólvora (RABELLO,1996). A figura 2, mostra um esquema das principais partes que constituem um cartucho.



Fonte: CHEMELLO, 2007.

A arma é constituída pelo aparelho arremessador ou arma propriamente dita, a carga de projeção (pólvora) e o projétil, sendo que estes dois últimos integram, na

maioria dos casos, o cartucho (CHEMELLO, 2007). Na utilização de armas de fogo em episódios de crime, são produzidos vestígios de disparo, os quais são expelidos pela expansão gasosa oriunda da combustão da carga explosiva presente nos cartuchos que compõem a munição dessas armas (OLIVEIRA, 2006).

Os gases (CO_2 e SO_2) e resíduos (compostos inorgânicos como os nitritos, partícula de chumbo e antimônio, dentre outros), provenientes da combustão da pólvora, invadem a região espacial ocupada pela mão do atirador, roupa, cabelo, além de se espalharem pela cena do crime.

Dependendo do tipo de resíduo, a constatação pode ser física, com o auxílio de uma lupa. Se não for possível realizá-la, pode-se usar um teste químico. Os nitritos, por exemplo, que também são produzidos em disparos, podem ser detectados com o reativo de Griess (ácido parasulfanílico). Mas, é importante lembrar que os nitritos sofrem oxidação pelo oxigênio do ar, passando gradualmente a nitratos ou volatilizando-se como ácido nitroso (CHEMELLO, 2007). Temos que considerar, ainda, que o reativo de Griess é utilizado para identificar nitritos de diferentes origens, não sendo específico para identificar resíduos de nitritos provenientes de disparo de armas de fogo.

O procedimento atual, utilizado para a detecção de vestígios de disparo de arma de fogo nas mãos de um possível suspeito consiste na pesquisa de íons ou fragmentos metálicos de chumbo, em decorrência da maior quantidade desta espécie metálica em relação a outras (OLIVEIRA, 2006). Esse procedimento fundamenta-se no fato desse metal entrar na composição das cargas quer de inflamação, quer na projeção dos cartuchos de munição atualmente em uso e do próprio projétil (RABELLO, 1996).

Como identificar os vestígios de chumbo, provenientes do disparo de armas de fogo? Faça uma breve pesquisa na internet e discuta os resultados encontrados.

Atividade investigativa - Identificação de vestígios do disparo a partir de Exame Residuográfico.

Quem matou José?

PROCEDIMENTO:

Agora que sabemos que no momento do disparo de armas de fogo são deixados vestígios no local do crime e no próprio atirador e conhecendo também que existem testes químicos que podem identificar esses vestígios, vamos à investigação.

Suponha que você é o perito responsável pela investigação da morte de José. **Elabore e desenvolva com seu grupo um plano para identificar o culpado pela morte do segurança, considerando as roupas deixadas pelos bandidos em local próximo ao crime. Vocês receberão de sua professora pedaços de tecidos que representam partes da roupa de cada um dos fugitivos. Tais tecidos são as amostras a serem submetidas à análise.**

Descreva os materiais utilizados (reagentes e vidrarias), os procedimentos a serem adotados, os referenciais teóricos utilizados e as conclusões a que chegaram, justificando-as.

MATERIAIS E REAGENTES

MATERIAIS	REAGENTES

➤ **Lembre-se:**

- Antes de desenvolver a investigação propriamente dita deve-se elaborar um plano tendo-se clareza das hipóteses envolvidas em cada uma de suas fases.
- Considere os materiais (reagentes e vidrarias) de que necessitarão e converse com a sua professora sobre a disponibilidade de cada um deles. Feito isso, elenque no quadro acima os reagentes e vidrarias necessários à sua investigação.

➤ Provas e reagentes devem ser manuseados com o máximo de cuidado, evitando o desperdício e, sobretudo, a inutilização das amostras disponíveis para análise.

[illegible]

Questionamentos:

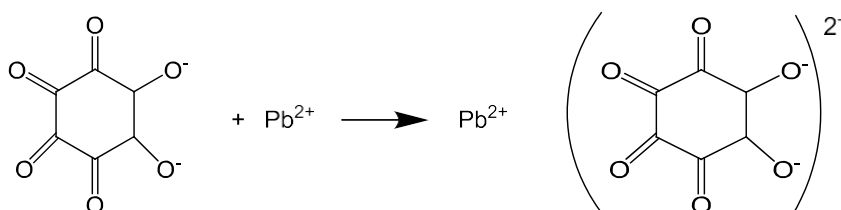
1- Considerando a investigação desenvolvida, quem é o principal suspeito da morte de José? Justifique.

2-O teste realizado pode ser utilizado para determinar qual dos três suspeitos foi responsável pela morte do segurança? Por quê?

Discutindo o experimento realizado para identificação de vestígios de chumbo

O experimento utilizado baseia-se num teste comumente utilizado pela Química Forense para identificação de vestígios de disparo de arma de fogo de um possível suspeito. Isso porque no momento do disparo do tiro, além do projétil, são expelidos resíduos sólidos e produtos gasosos (monóxido de carbono, dióxido de carbono, vapor d'água, nitrito, nitrato e outros), sendo que parte dos resíduos sólidos permanecem dentro do cano da própria arma, mas o restante é projetado para fora, atingindo mãos, braços, roupas e cabelos do atirador, além de se espalhar na cena do crime (OLIVEIRA, 2006; CHEMELLO, 2007).

No experimento realizado, a reação química envolvida no processo, é a de formação de um complexo de íons chumbo com os íons Rodizonato, mostrado na figura 2, abaixo:



Fonte: Duarte, 2014.

A reação mostrada acima é uma demonstração simplificada da reação entre o rodizonato e o chumbo. O íon Rodizonato ($\text{C}_6\text{O}_6^{2-}$) forma complexos coloridos com vários cátions metálicos, inclusive com o Pb^{2+} (CASTRO; ROSSI, 2009). O complexo é um produto da reação entre o ácido e uma base de Lewis, formando-se quando

um íon metálico ou outra substância se combina com um grupo doador de um par de elétrons. Os complexos consistem em um único átomo metálico central ou íon (ácido de Lewis), ligado a várias moléculas ou ânions (bases de Lewis).

Referências

1. CASTRO, P. P; ROSSI, A. V. Estabilidade da solução de rodizonato e formação do complexo de chumbo em testes qualitativos: efeito de agentes tamponantes. 33º REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA. Águas de Lindóia-SP, 2010. **Resumos...** Águas de Lindóia-SP, 2010. Disponível em: <http://sec.sbq.org.br/cdrom/33ra/resumos/T0834-1.pdf>. Acesso em 14 fev. 2020.
2. CHEMELLO, E. Ciência forense: balística. **Química Virtual**, s.n., p. 1-10, fevereiro, 2007. Disponível em: http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2007fev_forense3.pdf. Acesso em 14 fev. 2020.
3. DUARTE, A. Caracterização Elementar de Resíduos de Disparo de Armas de Fogo Gerados por Munição de Fabricação Brasileira. Tese (Doutorado em Ciências dos Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p.24, 2015.
4. DIAS FILHO, C.R.; ANTEDOMENICO, E. A Perícia Criminal e a Interdisciplinaridade no Ensino de Ciências Naturais. **Química Nova na Escola**, v.32, n. 2, 2010.
5. OLIVEIRA, M.F. “ Química Forense: A Utilização da Química na Pesquisa de Vestígios de Crime”. **Química Nova na Escola**, nº24, p 17-19, 2006.
6. RABELLO, E. **Curso de criminalística: sugestão de programa para as faculdades de direito**. Porto Alegre: Sagra: DC Luzzatto, 1996.
7. ROSA, M. F; SILVA, P.S; GALVAN, F. B. Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação. **Química Nova na Escola**, v.00, n. 0, 2014.
8. ZILLI, L.F; VARGAS, J.D. O trabalho da polícia investigativa face ao homicídio de jovens em Belo Horizonte. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v.18, n.3, p.621-632, 2013.
9. DISCOVERY BRASIL. Triplo homicídio em uma família perfeita. Vídeo 5´ 48”. Publicado em 19 mai. 2018. Disponível em : <https://www.youtube.com/watch?v=zEJJeOu0p8E>. Acesso em 20 jun. 2018.
10. DISCOVERY BRASIL. Crime por dinheiro ou vingança? / Assassinatos em Família/ Investigação Discovery. Vídeo 8´ 10”. Publicado em 26 mai. de 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=LB0BOZcfCnc>. Acesso em 20 jun. de 2018

Apêndice 2: Argumentação em uma sequência de ensino investigativa envolvendo química forense



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EM
MATEMÁTICA**

Argumentação em uma sequência de ensino investigativa envolvendo química forense

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado participante,

Esta pesquisa é sobre **“Argumentação em uma sequência de ensino investigativa envolvendo química forense”**, e está sendo desenvolvida por **Fernanda dos Santos**, aluna do Programa de Pós-Graduação no Ensino de Ciências Naturais e em Matemática, da Universidade Federal de Sergipe, sob supervisão da Prof.^a. Dr. Adjane da Costa Tourinho e Silva, cujo objetivo é de: Caracterizar as práticas epistêmicas e os tipos de argumentos elaborados por alunos ao longo de uma SEI sobre Química Forense. A pesquisa justifica-se pela necessidade de utilizar propostas de ensino, como o ensino por investigação, com intuito de levar os estudantes a relacionarem o conhecimento científico com questões do cotidiano. Além disso, enxergamos a necessidade do desenvolvimento da argumentação durante as aulas de química, visto que, é por meio dos argumentos, que os alunos chegam a uma compreensão da natureza da ciência e dos saberes científicos.

Solicitamos a sua colaboração para participação de discussões e questionamentos acerca do tema a ser desenvolvido durante a sequência. Como também, sua autorização para apresentar os resultados obtidos nesse estudo em eventos na área de ensino de química e publicar em periódicos nacional. Destaco que, todos os momentos dessa sequência serão gravados em vídeo para uma posterior realização de transcrição e análises, visto que, a

produção dos dados dessa pesquisa será decorrente das gravações em vídeo, respostas dos questionários e análises das discussões realizadas pelos participantes no momento de execução do estudo. Essa pesquisa pode conferir certo grau de risco, como um desgaste mental e/ou físico devido a resolução de atividades e respostas aos questionários. No entanto, a pesquisadora responsável, por esse estudo, assume a responsabilidade em minimizá-los ao máximo, utilizando pausas entre as atividades ou interrompendo a pesquisa se assim o participante quiser, sendo tomadas todas as providências necessárias.

Asseguramos que sua participação nesse estudo é voluntária e, portanto, você não é obrigado a oferecer informações ou colaborar com as atividades solicitadas pela pesquisadora. Caso deseje não participar do estudo, ou decida a qualquer momento o abandonar, você não receberá nenhuma punição e seus dados podem ser retirados, se assim desejar. A pesquisadora estará disponível a qualquer momento para esclarecimento de dúvidas que possam surgir em cada etapa da pesquisa. Em caso de algum dano comprovado decorrente da sua participação nesta pesquisa, poderá ser recompensado conforme determina a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

Asseguramos que o nome do participante será mantido em completo sigilo, garantindo sua privacidade, e se desejar terá livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre os estudos dessa pesquisa, como também será informado de suas consequências. As informações coletadas serão usadas, única e exclusivamente, para a finalidade desta pesquisa e os resultados serão publicados, e em caso de dúvida, entrar em contato com Fernanda dos Santos, pesquisadora responsável, telefone: (79) 998709960; e-mail: nandabarymore@hotmail.com; endereço: rua Major Sólon Ribeiro, nº 36, conjunto Princesa Isabel, bairro Santos Dumont, Aracaju-Se.

Este termo foi elaborado em duas vias devidamente assinadas, sendo que uma ficará com o Sr. (a) e a outra com a pesquisadora responsável.

São Cristóvão, _____ de _____ de 2019_____

Assinatura da Pesquisadora responsável

Considerando, que fui informado (a) dos objetivos e justificativa do estudo proposto, de como será minha participação, procedimentos e possíveis riscos decorrentes dessa pesquisa, eu aceito participar da pesquisa, visto que, a qualquer momento posso dizer não e desistir sendo garantido de que nada me aconteça. Além disso concordo, que os dados aqui obtidos possam ser utilizados para fins científicos. Estou ciente que receberei uma via deste documento.

Assinatura do participante

Apêndice 3: Sequência de Ensino Investigativa: Contribuições da Química Forense na investigação de crimes com armas de fogo



Universidade Federal de Sergipe

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EM MATEMÁTICA MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS E MATEMÁTICA

Sequência de Ensino Investigativa: Contribuições da Química Forense na investigação de crimes com armas de fogo

Roteiro

Apresentação

Vocês sabiam que a Química pode ajudar na resolução de crimes? A investigação criminal envolve uma perícia científica situada no domínio da Ciência Forense, a qual utiliza conhecimentos e métodos de diversas áreas do conhecimento, inclusive da Química, para auxiliar nas investigações relativas à justiça. Então, tem-se a chamada Química Forense.

Nessa sequência de aulas, vamos abordar tal tema. Iniciaremos fazendo a leitura de textos e respondendo a alguns questionamentos. Discutiremos um pouco sobre como a Ciência Forense, fazendo uso dos conhecimentos da Química, pode auxiliar a Justiça a elucidar crimes, especialmente os que fazem uso de armas de fogo. Em seguida, vocês são convidados a assistir ao vídeo “Tudo se transforma, História da Química, Química Forense”. Esse vídeo nos possibilitará entender mais sobre a Química Forense, como ela surgiu e quais as suas técnicas de investigação. Posteriormente, trabalharemos com uma atividade investigativa, onde vocês serão convidados, fazendo uso de conhecimentos da Química Forense, a desvendar um caso fictício de assassinato.

Etapa 1: Crimes com arma de fogo e a Química Forense

Nessa aula, faremos a leitura de um trecho de uma reportagem, disponível no site da TV Atalaia, emissora sergipana filiada à Rede Record, que retrata um pouco da violência vivenciada em nossa sociedade. Após a leitura do texto vocês são convidados a responder um questionamento sobre como a Química pode contribuir para elucidar crimes que fazem uso de armas de fogo. A seguir, assistiremos a um vídeo que conta um pouco da história da Química Forense e, para finalizar esse primeiro momento, faremos a leitura do texto - Química Forense: utilizando métodos analíticos em favor do Poder Judiciário.

TEXTO 1: Criança é atingida por bala perdida no bairro Bugio em Aracaju

Uma criança foi atingida por uma bala perdida, por volta das 18h30 desta segunda-feira (03), em uma rua próxima ao loteamento Estrela do Oriente, no conjunto Bugio. A criança estava brincando quando ouviu os disparos de arma de fogo, segundo familiares, a menina tentou correr, mas foi atingida de raspão por uma bala perdida.

Assustada, a menina de 8 anos, ainda sente dores na cabeça, a bala perdida atingiu a raspão uma região próxima a nuca, foi por pouco que a criança não morreu.

A criança foi levada pelo próprio pai ao Hospital de Urgência de Sergipe, o resultado dos exames saiu ainda no início da noite, por volta das 20h, a menina recebeu alta médica.

Só este ano, subiu para 3 o número de crianças atingidas por bala perdida em Sergipe. Duas delas morreram, o último caso aconteceu na semana passada, no bairro Cidade Nova, zona norte de Aracaju, quando Alberto Ricardo Silva, de 10 anos, foi uma das vítimas do duplo homicídio na praça do Getimana. Um dos suspeitos de ter efetuado os disparos foi preso no último domingo, Rafael Clécio dos Santos, de 21 anos, teria confessado a participação no crime.

Fonte: Criança (2019)

1- Com base na reportagem que acabamos de ler, você saberia informar como os conhecimentos da Química podem auxiliar a Justiça durante a investigação de crimes que envolvem disparos de armas de fogo? Justifique sua resposta.

➤ **Antes de discutirmos como a Química auxilia à Justiça na investigação e elucidação de crimes que fizeram uso de armas de fogo, vamos buscar entender o que vem a ser Ciência Forense e quais são suas contribuições para a sociedade.**

Texto 2: Como a ciência auxilia a polícia durante essas investigações?

Por meio da Ciência Forense. Esta é uma área transdisciplinar que envolve conhecimentos da Física, Biologia, Medicina, Química, Matemática, dentre outras, com o objetivo de auxiliar as investigações relativas à justiça (CIPRIANI; SILVA, 2019).

Como os peritos criminais determinam se uma mancha é de sangue ou não? Como relacionar a mancha de sangue à vítima ou ao agressor? Como estimar há quanto tempo a vítima morreu? Essas são apenas algumas das questões que permeiam os meios periciais e que podem ser respondidas, respectivamente, por meio de princípios químicos, biológicos e físicos. Os testes presuntivos para constatação de sangue têm por base processos catalíticos e de oxirredução; a relação da mancha de sangue com a vítima pode ser solucionada pelo exame de DNA; e a estimativa do tempo de morte, pode ser feita com base na temperatura corporal, sendo uma mera aplicação do princípio da troca de calor entre o corpo e o ambiente (DIAS FILHO; ANTEDOMENICO, 2010).

➤ **Agora que já sabemos o que é Ciência Forense e que esta faz uso de diversas áreas de conhecimento com o objetivo de auxiliar os peritos a elucidarem crimes, vamos falar das contribuições da Química para esta ciência.**

➤ **Assistiremos a um vídeo, que discute todo o contexto histórico da Química Forense, relatando alguns dos seus métodos de análise. Então, vamos lá?**

Vídeo: Tudo se transforma, História da Química, Química Forense. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=KnwxyBORQkl>.

TEXTO 3 - QUÍMICA FORENSE: UTILIZANDO MÉTODOS ANALÍTICOS EM FAVOR DO PODER JUDICIÁRIO.

A utilização de conhecimentos científicos em auxílio a questões judiciais teve seu início registrado na antiga Grécia, com certa contribuição da Química para assuntos da Medicina. Na Roma Antiga, a Química se mostrou decisiva para esclarecer casos de mortes por envenenamento, que se tornaram corriqueiros, principalmente considerando-se figuras públicas. Este foi o primeiro grande indício de que havia a necessidade de promover conhecimento que auxiliassem à justiça contra esses crimes.

Mathieu-Joseph Bonaventura Orfila, natural da Espanha e crescido na França (1787-1853), considerado o pai da toxicologia, foi também um dos pioneiros na fase moderna da ciência forense. Atuou certa vez como perito em um caso de suspeita de assassinato por envenenamento, conseguindo provar a intoxicação por arsênio, recolhendo amostras do corpo exumado da vítima e desenvolvendo análises, as quais indicaram que tal elemento não adivinha do solo onde o corpo havia sido enterrado. Orfila colaborou para fazer das análises químicas uma parte da rotina da medicina forense, havendo estudado os efeitos de asfixia, exumação e decomposição de corpos. De todos seus estudos, Orfila deixou para a Ciência Forense um *Tratado de Medicina Legal* (FARIAS,2010).

Na mesma época, outra importante figura aparece: o químico inglês James Marsh (1794-1846). O temível arsênio continuava a fazer suas vítimas, pois até

então era praticamente indetectável; as análises químicas eram precárias e seus sintomas se assemelhavam aos sintomas da cólera, doença muito comum naquele tempo. Marsh propôs um método de detecção para o arsênio, em que se borbulha sulfeto de hidrogênio em uma solução onde supostamente acredita-se ter o agente intoxicante. A confirmação se observa quando a solução assume um tom amarelado.

Identificar o agente intoxicante foi uma grande vitória da ciência, porém também se fazia necessário a identificação do criminoso. Desde os primórdios das civilizações, os homens desenvolveram métodos próprios de identificação daqueles que transgrediam as leis e a ordem. Ações como infringir cicatrizes, tatuagens, marcas e até mesmo mutilações de membros eram utilizadas para identificação de criminosos, servindo também como inibidores de novas infrações. Tais métodos foram abandonados, de um modo geral, com o avanço das civilizações e do reconhecimento dos direitos humanos. Porém, não foi abandonada a ideia de identificação humana, e a descoberta de tendências únicas das impressões digitais em cada indivíduo foi tomada como padrão neste intuito. Francis Galton, primo de Charles Darwin, em 1892 publicou um livro intitulado “Impressões Digitais”, que incluía o primeiro sistema de classificação destas impressões. Surgia a datiloscopia.

A ideia daquilo que estaria por trás de um crime e do criminoso que o cometeu, sempre foi discutida desde a antiguidade. Nos tempos mais remotos, os crimes eram entendidos como manifestações sobrenaturais, havendo forte ligação com a religião, acreditando-se que o criminoso apresentava personalidade demoníaca. Essa relação crime e criminoso foi sendo analisada e ganhando novas explicações como: certas características físicas de um indivíduo com a predisposição às ações transgressoras; o estado mental deficiente, em que o indivíduo não assimilava a ordem, a lei; a desorganização social e a pobreza, entre outros.

A criminologia, ou o termo desenvolvido por Hans Gross (1847 – 1915), “criminalística”, é o pensamento moderno a respeito de toda atmosfera em volta ao crime, não somente o estudo dos seus vestígios concretos, materiais, mas também o exame dos indícios abstratos, psicológicos do criminoso. Gross (que era professor) foi um dos primeiros a compreender a importância de agregar outras diversas áreas do conhecimento (Química, Física, Botânica, Geologia, etc.) no auxílio a questões judiciais, tendo ele estudado essas diversas áreas para ter uma maior compreensão

de suas interligações. Por tais considerações Hans Gross é tido como o fundador da criminologia.

Um dos maiores nomes da ciência forense é Edmond Locard (1877 – 1966), francês, nascido em uma família rica e culta, que dedicou sua vida à medicina legal e a estudos de criminalística, devido às formações em medicina e direito, as quais foram influenciadas por seu pai e sua mãe, respectivamente.

O desenvolvimento das áreas de papiloscopia e datiloscopia, as quais promovem a identificação de impressões deixadas nas cenas dos crimes, a fundamentação da criminologia (que visa o ato criminoso em todas suas partes), a descoberta do luminol (composto que revela vestígios de sangue, reagindo com estes, dando origem a um azul fosforescente) e também o desenvolvimento tecnológico e procedimental, promoveram a aliança definitiva entre ciência e justiça.

Fonte: Extraído de MOTA, L.; DI VITTA, P. B. Química forense: utilizando métodos analíticos em favor do poder judiciário. **Rev. Acad. Oswaldo Cruz**, n. 1, 2014. Disponível em: <http://revista.oswaldocruz.br/Content/pdf/Leandro%20MOTA.pdf>. Acesso em 16 set. 2019.

Etapas 2: Quem matou José?

Nessa aula iremos trabalhar com uma atividade investigativa. Vocês serão convidados a descobrir, fazendo uso de conhecimentos da química, quem matou José. Trata-se de uma história fictícia, cujo objetivo é fazer com que possamos enxergar como os conhecimentos químicos podem auxiliar numa investigação como, por exemplo, nos casos em que ocorreu disparos de armas de fogo.

Quem matou José?

1- Mais um registro de assalto a ônibus entra para as estatísticas de violência em nosso estado. De acordo com informações da polícia, e dos relatos das 12 vítimas que estavam no ônibus durante o crime, três indivíduos entraram em um ônibus, um deles portando uma arma de fogo, e anunciaram o assalto. Foram recolhidos relógios, três celulares, dinheiro e outros pertences pessoais dos passageiros. Porém, no momento da fuga dos assaltantes, houve confusão, pois, um estudante de 17 anos, posteriormente identificado como José, tentou reagir ao assalto, entrando em luta corporal com um dos criminosos, recusando-se a entregar o seu celular.



FONTE: JOHLL,2006 *apud* CHEMELLO, 2007.

Durante a briga, o criminoso atirou em José que, apesar de ter sido socorrido, não resistiu aos ferimentos e faleceu. Os delinquentes fugiram do local, levando a arma que efetuou o disparo, o celular do estudante e outros pertences dos passageiros. Algumas horas depois, os três assaltantes foram capturados numa residência próxima ao local do crime e levados à delegacia. Na casa onde os suspeitos foram encontrados, a polícia coletou mochilas, pertences das vítimas, inclusive o celular de José, a arma de fogo utilizada no crime e as roupas que os mesmos utilizaram no momento do assalto, como possíveis provas.

Os criminosos foram reconhecidos pelas vítimas e, na delegacia, foram identificados como Chico, Mateus e Francisco. No entanto, nenhum dos passageiros soube identificar com clareza, quem de fato havia entrando em confronto com José e efetuado o disparo da arma de fogo, já que os três assaltantes tinham características físicas parecidas e usavam vestimentas semelhantes durante o assalto.

Além disso, foi constatado que as câmaras de segurança presentes no veículo não funcionavam no momento do assalto, o que dificulta o trabalho da polícia em identificar o culpado pelo assassinato de José. Os três criminosos negaram a autoria do disparo que ocasionou a morte do estudante. E agora, quem matou José?

Questionamentos:

1-Você seria capaz de elaborar algum esquema procedimental, considerando os conhecimentos da Química, para chegar até o suspeito? Discuta.

Texto 4: Por que investigar o culpado pela morte de José?

Apesar de toda nossa discussão sobre ciência forense e seus métodos de investigação, você deve estar se perguntando por que a polícia precisa saber quem foi o responsável pela morte de José? Afinal, Chico, Mateus e Francisco não realizaram o assalto e foram capturados? Por que a perícia tem que resolver isso?

Pois bem, devemos saber que o processo de investigação não se inicia e acaba apenas com a prisão dos suspeitos. Os peritos responsáveis pela investigação devem fornecer todos os elementos necessários à justiça para que os envolvidos recebam uma correta aplicação de pena, devendo-se, portanto, em nosso caso, identificar o responsável pela morte de José. O Código Processual Penal Brasileiro em seus artigos 158, 169, 175 e 170, enfatiza a necessidade da perícia na busca de evidências para condenação de criminosos.

O Artigo 158 estabelece que: “quando a infração deixar vestígios, será indispensável o exame de corpo de delito, direto ou indireto, não podendo supri-lo a confissão do acusado” (BRASIL, 2017).

Tal exame pode ser realizado na pessoa ou no objeto relacionado a infração, considerado como uma prova pericial importante, de modo que sua ausência pode implicar na anulação do processo.

No artigo 169 é ressaltada a importância de se preservar a cena do crime até a chegada da perícia com objetivo de não se alterar o estado das coisas. O artigo 170 destaca o cuidado da perícia com materiais que servem como eventuais provas

e o artigo 175, por sua vez, traz novamente a necessidade de examinar objetos relacionados ao crime. Vejamos abaixo:

Artigo 169: Para o efeito de exame do local onde houver sido praticada a infração, a autoridade providenciará imediatamente para que não se altere o estado das coisas até a chegada dos peritos, que poderão instruir seus laudos com fotografias, desenhos ou esquemas elucidativos.

Parágrafo único. Os peritos registrarão, no laudo, as alterações do estado das coisas e discutirão, no relatório, as consequências dessas alterações na dinâmica dos fatos.

Artigo 170: Nas perícias de laboratório, os peritos guardarão material suficiente para a eventualidade de nova perícia. Sempre que conveniente, os laudos serão ilustrados com provas fotográficas, ou microfotográficas, desenhos ou esquemas.

Artigo 175: Serão sujeitos a exame os instrumentos empregados para a prática da infração, a fim de se lhes verificar a natureza e a eficiência. (BRASIL, 2017)

➤ **Portanto, temos alguns elementos importantes para investigar o culpado pela morte de José. Vamos começar a investigação?**

Desenvolvendo a investigação

PROCEDIMENTOS: A partir dos elementos colhidos pela polícia como eventuais provas do crime (roupas, objetos como o celular e arma utilizada), tem-se duas possibilidades de análise, as quais podem ser combinadas entre si: a identificação de digitais na arma do crime, ou em objetos que puderam ser tocados durante a briga e a identificação de fragmentos de chumbo nas roupas dos três suspeitos. Suponha que você é o perito responsável pela investigação da morte de José. Elabore e desenvolva com seu grupo um plano para identificar o culpado pela morte do estudante considerando as roupas utilizadas pelos bandidos no momento da infração e a arma encontrada em uma residência próxima ao local onde ocorreu o crime. Quanto às roupas recolhidas pela polícia como provas, vocês receberão de sua professora pedaços de tecidos que representam partes da roupa de cada um dos fugitivos. Tais tecidos são as amostras a serem submetidas à análise. Também disponibilizaremos a arma utilizada no crime e o celular de José, caso optem por procurar possíveis digitais.

➤ Realizem buscas na internet a fim de selecionar as técnicas mais adequadas para o planejamento e desenvolvimento de sua investigação, atentando-se para

o cuidado com as amostras, de modo que elas sejam preservadas ao longo da análise.

- **No caso da análise de impressões papilares na arma utilizada no crime, a escolha da técnica é ainda mais importante, uma vez que se algo der errado, pode-se destruir as possíveis impressões digitais na arma.**

Observação: por medidas de segurança, utilizaremos uma arma de brinquedo para simular a arma utilizada no crime.

- Descreva os materiais utilizados (reagentes e vidrarias), os procedimentos tomados, os referenciais teóricos adotados e as conclusões a que chegaram, justificando-as.

MATERIAIS E REAGENTES

MATERIAIS	REAGENTES

- **Lembre-se:**
- Antes de desenvolver a investigação propriamente dita deve-se elaborar um plano tendo-se clareza das hipóteses envolvidas em cada uma de suas fases.
- Considere os materiais (reagentes e vidrarias) de que necessitarão e converse com a sua professora sobre a disponibilidade de cada um deles. Feito isso, elenque no quadro acima os reagentes e vidrarias necessários à sua investigação.
- Provas e reagentes devem ser manuseados com o máximo de cuidado, evitando o desperdício e, sobretudo, a inutilização das amostras disponíveis para análise.

Formulário 1: Levantamento de Possíveis digitais em objetos relacionados ao crime

Ocorrência: 001

Condições de preservação dos objetos: _____

Data da análise: _____

Natureza da Ocorrência: Roubo seguido de morte.

Vítima: _____

Descreva minuciosamente os procedimentos adotados para as análises:

Relação de digitais encontradas:

Impressão 1: _____ Local encontrado: _____

Impressão 2: _____ Local encontrado: _____

Impressão 3: _____ Local encontrado: _____

Impressão 4: _____ Local encontrado: _____

Informações relevantes do caso:

Referenciais teóricos adotados na análise:

Formulário 2: Identificação de possíveis resíduos de chumbo nas roupas dos suspeitos.

Ocorrência: 001

Condições de preservação das amostras: _____

Data da análise: _____

Natureza da Ocorrência: Roubo seguido de morte.

Vítima: _____

Descreva minuciosamente os procedimentos adotados para as análises:

Relação de fragmentos de Chumbo encontrado nas amostras de tecido

Amostra 1: Presença () Ausência () Pertence a: _____

Amostra 2: Presença () Ausência () Pertence a: _____

Amostra 3: Presença () Ausência () Pertence a: _____

Informações relevantes do caso:

Referenciais teóricos adotados na análise:

Questionamentos:

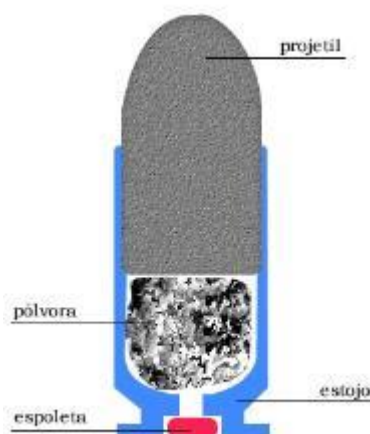
1- Considerando a investigação desenvolvida, quem é o principal suspeito da morte de José? Justifique.

2-Os testes realizados são suficientes para determinar qual dos três suspeitos foi responsável pela morte do estudante? Por quê?

ETAPA 3

Texto 5: Entendendo o que acontece quando uma arma de fogo é disparada

As armas de fogo são consequentes à invenção da pólvora. É uma máquina térmica, baseada nos princípios da termodinâmica e da termoquímica, da classe de armas de arremesso complexas, que utiliza, para expelir seus projéteis, a força expansiva dos gases de combustão da pólvora (RABELLO,1996). A figura 2, mostra um esquema das principais partes que constituem um cartucho.



Fonte: CHEMELLO, 2007.

A arma é constituída pelo aparelho arremessador ou arma propriamente dita, a carga de projeção (pólvora) e o projétil, sendo que estes dois últimos integram, na maioria dos casos, o cartucho (CHEMELLO, 2007). Na utilização de armas de fogo em episódios de crime, são produzidos vestígios de disparo, os quais são expelidos pela expansão gasosa oriunda da combustão da carga explosiva presente nos cartuchos que compõem a munição dessas armas (OLIVEIRA, 2006).

Os gases (CO_2 e SO_2) e resíduos (compostos inorgânicos como os nitritos, partícula de chumbo e antimônio, dentre outros), provenientes da combustão da pólvora, invadem a região espacial ocupada pela mão do atirador, roupa, cabelo, além de se espalharem pela cena do crime.

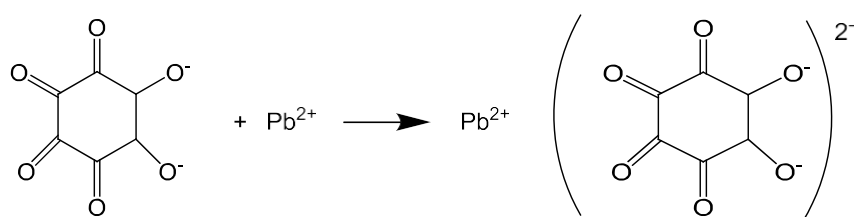
Dependendo do tipo de resíduo, a constatação pode ser física, com o auxílio de uma lupa. Se não for possível realizá-la, pode-se usar um teste químico. Os nitritos, por exemplo, que também são produzidos em disparos, podem ser detectados com o reativo de Griess (ácido parasulfanílico). Mas, é importante lembrar que os nitritos sofrem oxidação pelo oxigênio do ar, passando gradualmente a nitratos ou volatilizando-se como ácido nitroso (CHEMELLO, 2007). Temos que considerar, ainda, que o reativo de Griess é utilizado para identificar nitritos de diferentes origens, não sendo específico para identificar resíduos de nitritos provenientes de disparo de armas de fogo.

Texto 6: Identificação de vestígios do disparo a partir de Exame Residuográfico

O procedimento atual, utilizado para a detecção de vestígios de disparo de arma de fogo nas mãos de um possível suspeito consiste na pesquisa de fragmentos metálicos de chumbo, em decorrência da maior quantidade desta espécie metálica em relação a outras (OLIVEIRA, 2006). Esse procedimento funda-se no fato desse metal entrar na composição das cargas quer de inflamação, quer na projeção dos cartuchos de munição atualmente em uso e do próprio projétil (RABELLO, 1996).

No momento do disparo do tiro, além do projétil, são expelidos resíduos sólidos e produtos gasosos (monóxido de carbono, dióxido de carbono, vapor d'água, nitrito, nitrato e outros), sendo que parte dos resíduos sólidos permanecem dentro do cano da própria arma, mas o restante é projetado para fora, atingindo mãos, braços, roupas e cabelos do atirador, além de se espalhar na cena do crime (OLIVEIRA, 2006; CHEMELLO, 2007).

A reação química envolvida no processo, ou teste realizado pela polícia para identificar fragmentos de chumbo nas mãos de um possível suspeito, consiste na formação de um complexo de íons chumbo com os íons Rodizonato, mostrado na figura 2, abaixo:



Fonte: Duarte, 2014.

A reação mostrada acima é uma demonstração simplificada da reação entre o rodizonato e o chumbo. O íon Rodizonato ($\text{C}_6\text{O}_6^{2-}$) forma complexos coloridos com vários cátions metálicos, inclusive com o Pb^{2+} . O complexo é um produto da reação entre o ácido e uma base de Lewis, formando-se quando um íon metálico ou outra substância se combina com um grupo doador de um par de elétrons. Os complexos

consistem em um único átomo metálico central ou íon (ácido de Lewis), ligado a várias moléculas ou ânions (bases de Lewis) (CASTRO; ROSSI, 2009).

Texto 7: Identificação e coleta de Impressões digitais

Em locais de crime ou em objetos relacionados a infrações, é comum a perícia criminal encontrar vestígios papilares (digitais, palmares e plantares) que poderão apresentar-se em três diferentes modalidades: impressões visíveis, moldadas e latentes (RABELLO, 1996)

Antes de compreendermos o que vem a ser essas modalidades de vestígios papilares, é interessante definirmos o que é “Datiloscopia” e como tal técnica é utilizada nas investigações de crimes.

Para Chemello (2006, p.3) a datiloscopia refere-se as digitais presentes nas pontas dos dedos, sendo tal técnica subdividida em datiloscopia criminal, cujo objetivo é a “identificação de pessoas indicadas em inquéritos ou acusadas em processos”, e a datiloscopia civil que se preocupa em identificar as pessoas, empregada nas cédulas de identidade, onde temos que registrar nossas digitais.

A confiabilidade da Datiloscopia, como um método seguro de identificação humana, baseia em alguns princípios discutidos por Chemello (2006), Rabello (1996) e Macedo e Campos (2011). Tais princípios são:

- Perenidade (as digitais já estão completamente formadas no feto a partir do sexto mês de gestação);
- Imutabilidade (os desenhos datilares formados não sofre modificação, a não ser em decorrência de fatores externos como queimaduras, doença de pele, dentre outros);
- Diversidade ou variabilidade (cada desenho é único, tanto entre as pessoas como entre os dedos do indivíduo);
- Classificabilidade (termo utilizado por alguns autores para identificar o potencial do uso dos desenhos datilares na identificação humana) e
- Praticidade (referindo-se ao baixo custo e a eficiência da técnica na identificação humana). Mas, como podemos definir impressão digital?

Impressões digitais podem ser definidas como sendo os desenhos formados pelas papilas (elevações da pele), presentes nas polpas dos dedos das mãos. A papila é uma pequena bolsa de formação neurovascular, que pode

conter vasos sanguíneos ou corpúsculos do tato, que se projeta a partir da parte mais profunda da pele, a derme, formando relevos irregulares na camada mais superficial, a epiderme, servindo ainda para aumentar a aderência entre estas duas camadas [...]. Impressões digitais são formadas durante o desenvolvimento do feto e as configurações das cristas dos dedos não se alteram ao longo da vida do indivíduo, exceto devido a acidentes, tais como hematoma e cortes nas pontas dos dedos (ANGELONI, 2013, p.15).

Quanto aos vestígios ou modalidades de impressões deixadas no local ou objetos relacionados ao crime, há três tipos: impressões visíveis, moldadas e papilares latentes. As impressões visíveis são aquelas consideradas de fácil obtenção, por serem nítidas, considerando que as mãos do indivíduo poderiam estar sujas, por exemplo, com tinta, graxa ou sangue. As impressões moldadas, segundo Macedo e Campos (2011, p.2) são aquelas “facilmente reproduzidas por materiais que gravam os sulcos do tecido, como por exemplo, o gesso”; são retiradas fotografias para reproduzir as marcas das digitais encontradas. Por fim, temos as impressões papilares latentes, sendo as que possuem um maior grau de dificuldade em sua identificação, já que são invisíveis a olho nu, e requerem o uso de agentes químicos para sua revelação.

Existem várias técnicas empregadas para análise de impressões digitais latentes, dentre elas temos: a técnica do pó, muito utilizada entre os peritos para verificar impressões localizadas em superfícies lisas e não adsorventes; a técnica do nitrato de prata, utilizada para analisar possíveis digitais em superfícies porosas, de plástico ou de madeira não envernizada; e a técnica do iodo, empregada quando a impressão digital é observada em objetos pequenos, sendo que a principal vantagem do uso dessa técnica é que a mesma pode ser empregada antes de qualquer outra sem danificar a impressão latente. Tem-se, ainda, as técnicas do DFO (diazfluorenona) e a da ninidrina (SEBASTIANY; PIZZATO; DEL PINO; SALGADO, 2012).

Referências

ANGELONI, M.A. **Reconhecimento de fragmentos de impressões digitais baseados em cristais e poros**. 129f. Dissertação (mestrado em Ciência da Computação). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Bauru, 2013.

BRASIL, **Código de processo penal**. Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2017. Disponível em:

https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/529749/codigo_de_processo_penal_1ed.pdf acesso em 24/10/2019 às 14 horas.

CASTRO, P. P; ROSSI, A. V. Estabilidade da solução de rodizonato e formação do complexo de chumbo em testes qualitativos: efeito de agentes tamponantes. 33º REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA. Águas de Lindóia-SP, 2010. **Resumos...** Águas de Lindóia-SP, 2010. Disponível em: <http://sec.s bq.org.br/cdrom/33ra/resumos/T0834-1.pdf>. Acesso em 14 fev. 2020.

CHEMELLO, E. Ciência forense: balística. **Química Virtual**, s.n., p. 1-10, fevereiro, 2007. Disponível em: http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2007fev_forense3.pdf. Acesso em 14 fev. 2020.

CHEMELLO, E. Ciência forense: impressões digitais. **Química Virtual**, s. n., p. 1-11, dezembro, 2006. Disponível em: http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2006dez_forense1.pdf. Acesso em 14 fev. 2020.

CIPRIANI, A; SILVA, A.R. Detetive por um dia: aprendendo a investigar por meio da Química Forense. 1ª Ed. Clube de Autores: Blumenau-SC, 2019.77p. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=HjSkDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Acesso em 14 mar.2020.

CRIANÇA é atingida por bala perdida no bairro do Bugio em Aracaju. **Portal A8** (redação). Publicado em 03 out. 2019. Disponível em: <https://a8se.com/sergipe/noticia/2019/09/165536-crianca-e-atingida-por-bala-perdida-no-bairro-bugio-em-aracaju.html>. Acesso em 14 fev. 2020.

DIAS FILHO, C. R.; ANTEDOMENICO, E. A perícia criminal e a interdisciplinaridade no Ensino de Ciências Naturais. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, p. 67-72, 2010. Disponível em: http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc32_2/02-QS-6309.pdf. Acesso em 14 fev. 2020.

DUARTE, A. Caracterização Elementar de Resíduos de Disparo de Armas de Fogo Gerados por Munição de Fabricação Brasileira. Tese (Doutorado em Ciências dos Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015.

MACEDO, I.O; CAMPOS, A.F.C. **Discussão da técnica de visualização térmica de impressões digitais em suportes metálicos**. 6º MOSTRA DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA DA PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU DA PUC GOIÁS. Goiânia, 2011. **Artigos...** Goiânia, 2011. Disponível em : <http://www.cpgls.pucgoias.edu.br/6mostra/artigos/SAUDE/IZABELA%20DE%20OLIVEIRA%20MACEDO.pdf> acesso em 24 /10/2019 às 15 horas.

OLIVEIRA, M. F. Química forense: a utilização da química na pesquisa de vestígios de crime. **Química Nova na Escola**, n. 24, p. 17-19, 2006. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc24/ccd2.pdf>. Acesso em 14 fev. 2020. Acesso em 14 fev. 2020.

RABELLO, E. **Curso de criminalística**: sugestão de programa para as faculdades de direito. Porto Alegre: Sagra: DC Luzzatto, 1996.

SEBASTIANY, et. al. A utilização da ciência forense e da investigação criminal como estratégia didática na compreensão de conceitos científicos. Didáctica de la Química, **Educ.quim.**, v. 24, n. 1, p. 49-56, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v24n1/v24n1a9.pdf>. Acesso em 14 fev. 2020.

PUC-Rio. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. **Tudo se transforma, história da química, química forense**. Vídeo, 13'22". PUC/MEC/MCT/FNDE. Publicado em 28 set. 2012. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KnwxyBORQkl>. Acesso em 24 out. 2019